

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Výroba desky plošných spojů s koaxiálními a běžnými relé,
ovládanými pomocí počítače**

**Making of Circuit Board with Coaxial and Common Relays
Controlled by Computer**

2015

Jiří Zlámal

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Zlámal

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

Výroba desky plošných spojů s koaxiálními a běžnými relé, ovládanými pomocí počítače

Making of Circuit Board with Coaxial and Common Relays Controlled by Computer

Zásady pro vypracování:

1. Popište možnosti připojení externích periférií k počítači.
2. Navrhněte jednotku koaxiálních a běžných relé, ovládaných počítačem.
3. Vytvořte prototyp jednotky a oživte.

Seznam doporučené odborné literatury:

Matoušek David. USB prakticky s obvody FTDI- 1.díl. BEN-technická literatura.2003.

MATOUŠEK, David. Udělejte si z PC v DELPHI--. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 271 s. ISBN 80-7300-111-x.


MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR - ATmega16. Praha: BEN - technická literatura, 2006. 320 s. ISBN 80-7300-174-8

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Tomis**

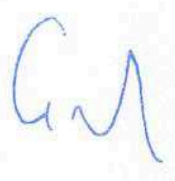
Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 7. května 2015

.....
.....

podpis studenta

Poděkování

Velmi rád bych poděkoval všem, kteří mě pomáhali při vzniku této práce. Zejména vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Martinu Tomisovi za spolupráci a cenné rady při konzultacích. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Obsahem této bakalářské práce je popsat návrh a realizovat jednotku spínacích relé, která bude ovládaná z počítače. V první části práce je popsána teorie možností připojení externích zařízení k počítači. Popis různých komunikačních rozhraní včetně uvedení příkladu ke každému typu připojení. Jsou zde také popsány jejich výhody a nevýhody. Druhá část obsahuje popis a výběr vhodných elektronických součástek potřebných pro spínání relé přes počítač. Dále jsou provedeny výpočty součástek tranzistorového spínače a popis komunikace jednotky s počítačem.

Klíčová slova

Mikrokontrolér; připojení zařízení; relé; sériový port; tranzistorový spínač; USB;

Abstract

The content of this bachelor thesis is to describe a design and implement a unit of the switching relays, which will be controlled from a computer. The first part describes the theory connection of external devices to your computer. Description of the different communication interfaces including examples for each type of connection. There are also described their advantages and disadvantages. The second part contains a selection of suitable electronic components needed for switching relay via computer. Further calculations are performed parts of the transistor switch and a description of the communication unit to the computer.

Key words

Microcontroller; connecting devices; relay; serial port; transistor switch; USB

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
f	Hz	Frekvence
G	dB	Zisk
I	A	Proud
L	H	Indukčnost
P	W	Výkon
R	Ω	Odpor
U	V	Napětí

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CD	Compact Disc
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DVD	Digital Versatile Disc
EAP	Extensible Authentication Protocol
EIRP	Equivalent Isotropically radiated power
FHSS	Frequency-hopping spread spectrum
GFSK	Gaussian frequency-shift keying
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IrDA	Infrared Data Association
ISM	Industrial, Scientific, Medical
ISO/OSI	International Standards Organization / Open System Interconnection
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
MIMO	Multiple-input and multiple-output
OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing
QAM	Quadrature amplitude modulation
SSD	Solid State Disk
SSID	Service Set Identifier
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WEP	Wired Equivalent Privacy
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WPA	Wi-Fi Protected Access

Obsah

1	Úvod	- 1 -
2	Popis a možnosti připojení externího zařízení	- 2 -
2.1	Externí zařízení	- 2 -
2.2	Rádiové připojení	- 3 -
2.2.1	Bluetooth	- 3 -
2.2.2	Wi-Fi	- 4 -
2.3	Optické připojení	- 6 -
2.3.1	Infračervený port	- 6 -
2.4	Kabelové připojení	- 7 -
2.4.1	Sériový port	- 7 -
2.4.2	Ethernet	- 9 -
2.4.3	USB	- 10 -
2.4.4	Optický kabel	- 12 -
3	Návrh jednotky spínacích relé	- 15 -
3.1	Blokové schéma	- 15 -
3.2	Výběr součástek jednotky	- 15 -
3.2.1	Převodník USB - UART	- 15 -
3.2.2	Mikrokontrolér	- 16 -
3.2.3	Spínání indukční zátěže	- 19 -
3.2.4	Elektromagnetické relé	- 22 -
3.2.5	Koaxiální relé	- 24 -
3.3	Schéma zapojení	- 24 -
3.4	Řídící program mikrokontroléru	- 25 -
3.5	Realizace jednotky spínacích relé	- 27 -
4	Aplikace pro ovládání jednotky	- 30 -
4.1	Program pro ovládání	- 30 -
4.1.1	Software PuTTY	- 30 -
4.2	Ovládání jednotky	- 31 -
5	Závěr	- 32 -

Použitá literatura	- 33 -
Seznam příloh.....	- 35 -

1 Úvod

Tato bakalářská práce je rozdělena na dvě části. První část je teoretická a zabývá se možnostmi připojení externích zařízení k počítači. Možnosti připojení externího zařízení se postupně rozvíjejí a vznikají nové technologie. Připojení externích zařízení je rozděleno na rádiové, optické a kabelové. Hlavním cílem vývoje rozhraní bylo vytvořit jednotné připojení externích zařízení, dnes se nejvíce používá kabelové připojení přes USB rozhraní. Jako rádiové připojení se nejčastěji používá Wi-Fi rozhraní. Každé připojení má své výhody i nevýhody. Rádiové připojení je jednodušší na výstavbu, ale nedosahuje takových přenosových rychlostí jako u kabelového spojení.

Praktická část se zabývá návrhem a výrobou jednotky spínacích relé, která je ovládána z počítače. V návrhu jednotky spínacích relé je popsán tranzistor zapojený jako spínač indukční zátěže, funkce elektromagnetického relé. Také popis převodníku Arduino MAX232, který převádí USB sběrnici na asynchronní přenos dat z důvodu komunikace mikrokontroléru s počítačem. Hlavní řídicí částí jednotky je mikrokontrolér od firmy Freescale MC9S08SE4CRL, který řídí tranzistorové obvody pro spínání všech relé.

V poslední kapitole je popsána komunikace mikrokontroléru s počítačem. Jednotka spínacích relé je ovládána z počítače přes program PuTTY.

2 Popis a možnosti připojení externího zařízení

2.1 Externí zařízení

Externí zařízení, jinými slovy externí periferie, jsou vnější obvody připojené k určitému zařízení, které různým způsobem rozšiřují možnosti tohoto zařízení, aniž by byla jeho přímou součástí. Obvykle takto označujeme všechna zařízení, která jsou umístěna vně počítačové skříně, nebo mají svoji vlastní skříň a k počítači jsou připojena pomocí určitého typu připojení. Bez periferních zařízení bychom nemohli data do počítače zadávat ani je z něj získávat. Počet a možnosti periferních zařízení se stále rozšiřují [1]. Externí zařízení můžeme rozdělit podle jejich účelu:

- Výstupní zařízení
- Vstupní zařízení
- Kombinovaná vstupně-výstupní zařízení
- Externí zařízení pro ukládání dat

Výstupní externí zařízení umožňují různými způsoby zpracovaná či uložená data z počítače převést do podoby, která je pro člověka srozumitelná [1]. Patří sem monitory, které jsou jedním ze základních výstupních zařízení, dále sem můžeme zařadit tiskárny, projektory, reproduktory a sluchátka.

Vstupní externí zařízení umožňují zadávat data do počítače, obvykle v podobě srozumitelné člověku, která si počítač dále zpracuje [1]. Jako příklad můžeme uvést klávesnici, myš, scanner, digitální kameru, fotoaparát nebo mikrofon.

Některá externí zařízení nelze jednoduše označit za vstupní či výstupní, protože pomocí nich lze data do počítače jak zadávat, tak z něj i získávat. Taková zařízení nazýváme multifunkční. Řadíme sem například interaktivní tabule, monitory s dotykovými displeji, tiskárny se scannerem, kancelářské multifunkční zařízení, které obsahuje vstupní scanner a výstupní tiskárnu, navíc funguje jako kopírka, dále externí zařízení pro komunikaci mezi počítači, jako jsou modemy [1].

Externí úložná zařízení jsou přenositelná, snadno vyměnitelná a mohou navyšovat úložné kapacity počítače. Rozdělujeme je na magnetické, optické a elektronické. Mezi magnetická média řadíme pevné disky, páskové jednotky ale také již nepoužívané diskety. Optická média jsou převážně disky. Zastaralé CD disky nahradili modernější DVD disky nebo Blue-ray disky s vyšší kapacitou. Elektronická média mají řadu výhod, nevydávají zvuk, jsou odolnější, mají nízkou spotřebu a vyšší rychlost přenosu dat. Jedinou nevýhodou je jejich vyšší cena. Kapacity elektronických médií se pohybují v řádech Gigabytů. Patří sem především SSD disk, USB flash disk nebo paměťové karty [1].

Existují i periferní zařízení, která se k počítači připojují pro zábavu nebo pouze pro zpříjemnění pracovního prostředí: taneční podložka, ohřívač kávy, joypad, volant, joystick, ventilátor, lampička a další.

Externí zařízení mohou být k počítači připojena několika způsoby. Nejspolehlivější připojení je pomocí měděného nebo optického kabelu, kde dochází pouze k malému rušení u měděného vedení a minimálnímu rušení u optického kabelu. Dosahujeme však velkých přenosových rychlostí. Použít lze také rádiové připojení, na spojení dvou a více zařízení není potřeba instalace vedení. Tento typ připojení je rychlý na výstavbu, ale dosahuje prozatím menších přenosových rychlostí. V následujících kapitolách je popsáno několik možností připojení, které se používají k připojení externích periférií.

2.2 Rádiové připojení

Tento typ komunikace spočívá ve spojení dvou či více zařízení jiným způsobem, než mechanickým (kabelem). Vzdálenost mezi komunikujícími body může být od několika metrů (Bluetooth) do stovek kilometrů (komunikace družic v kosmickém prostoru). Rádiové připojení rozdělujeme podle typu signálu na rádiové sítě, bezdrátové sítě (dosah stovky metrů, přímá viditelnost, vysoká kapacita přenosu). Rádiová komunikace pracuje na základě přenosu informací pomocí elektromagnetického vlnění.

2.2.1 Bluetooth

Technologie Bluetooth je definovaná standardem IEEE 802.15, byla založena firmami IBM, Toshiba, Intel, Ericsson a Nokia v roce 1998, vznikla tak skupina Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group). Později se připojili i další velké firmy Microsoft, Lucent, Motorola. Hlavním úkolem této skupiny bylo vytvoření standardu pro bezdrátovou komunikaci. První specifikace byla zveřejněna v červenci roku 1999 jako verze 1.0a. Bluetooth umožňuje bezdrátovou komunikaci bez velkých nároků na konfiguraci zapojení i spotřebu energie u malých mobilních zařízení [2].

Standard Bluetooth využívá nelicencované pásmo ISM (Industrial Scientific Medicine) ve frekvenčním pásmu 2,402 - 2,480 MHz, obsahuje 79 kanálů s odstupem 1 MHz. Používá se v několika verzích. V současnosti nejvíce využívaná je verze 2.0 z roku 2004, která je zpětně kompatibilní se staršími verzemi 1.1 a 1.2. Tato verze je implementována ve většině prodáváných zařízení, jako například mobilní telefony, notebooky, tablety. Dosahuje přenosové rychlosti až 3 Mbit/s. Zcela nová verze standardu Bluetooth 3.0, platí od dubna roku 2009. Nabývá přenosové rychlosti až 480 Mbit/s, eliminuje možnost přerušení spojení při synchronizaci a umožňuje srovnatelnou přenosovou rychlost s technologií Wi-Fi. Vyvinuto je i nové rozhraní Bluetooth 4.0, u kterého je maximální dosah až 100 metrů [2].

K přenosu dat se používá modulace GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) a metoda kmitočtových skoků FHSS (frequency hopping spread spectrum), kdy během jedné sekundy je provedeno 1600 skoků mezi 79 frekvencemi s šířkou pásma 1 MHz. Na jednom kmitočtu tedy vysílá 625 μ s. Přenos dat je možné vysílat dvojím způsobem. První je zvolení asynchronního módu, kdy příjem (uplink) je 721 kbit/s a vysílání (downlink) 57,6 kbit/s. Při druhém způsobu se zvolí synchronní mód, kde vysílání a příjem mají stejnou propustnost 432,6 kbit/s. Jsou

definovány tři třídy dle vysílacího výkonu, pro zařízení, které jsou vybaveny technologií Bluetooth (Tabulka 2.1).

Tabulka 2.1: *Třídy technologie Bluetooth*

Třída	Výkon	Dosah
I	10 mW (20 dBm)	100 m
II	2,5 mW (4 dBm)	10 - 50 m
III	1 mW (0dBm)	10 m

Při spojení dvou zařízení dojde mezi nimi k párování, u kterého rozlišujeme dva stavy. Stav master získá zařízení, které se aktivuje jako první. Ostatní, kteří jsou v dosahu, získají stav slave a jejich komunikace je řízena zařízením označené master. Ten řídí frekvenční skoky a sestavuje komunikaci mezi ostatními zařízeními, přiděluje také komunikační kanály. Jestliže master zjistí aktivitu ve svém okolí, začne na šestnácti frekvencích vysílat, pokud zná konkrétní adresu druhého zařízení nebo o druhém zařízení nic neví. Když nedostane žádnou odpověď, začne vysílat na dalších šestnácti frekvencích. Jeden master může řídit až sedm zařízení slave [2].

Bluetooth používá k zabezpečení několik bezpečnostních služeb (autentizaci, důvěrnost, autorizaci). Před prvním spojením se musí obě zařízení spárovat. To se provádí pomocí zadání identifikačního PIN čísla na obou zařízeních. Pin číslo obsahuje 8 až 128 bitů, většinou se skládá ze čtyř čísel. K bezpečnosti přispívá i velmi rychlé frekvenční skoky a také malý dosah signálu, který velmi ztěžuje případný odposlech. Tato technologie vznikla jako náhrada za kabelové spojení mezi mobilními telefony a počítači nebo notebooky. V současnosti se používá pro odlišné typy spojení. Jako příklad slouží připojení mobilního telefonu k handsfree, stolního počítače s myši nebo bezdrátovou klávesnicí. Lze spojit i více než jenom dvě zařízení a toto zapojení označujeme point-to-multipoint. Taková sestava, která obsahuje stejný přenosový kanál, se nazývá piconet.

2.2.2 Wi-Fi

Tato technologie vznikla z anglického názvu Wireless Fidelity - bezdrátová věrnost. Je to způsob komunikace bezdrátových zařízení, aniž by bylo zapotřebí použití kabelů. Mezinárodně uznávaná organizace zabývající se bezdrátovými sítěmi IEEE založila v roce 1980 výbor nazvaný 802. Toto označení se používá k označování místních a metropolitních sítí (LAN, WAN). Obecně standard 802.11 je název bezdrátových sítí využívající Wi-Fi zařízení [3].

Ke komunikaci nepotřebuje žádné licence, protože technologie využívá bez licenční pásmo rádiového spektra 2,4 GHz, avšak novější standardy i licenční pásmo 5 GHz nebo 60 GHz. Pro Evropu mimo Francii a Španělsko frekvence 2,4 GHz obsahuje 13 kanálů v rozmezí 2,412 - 2,472 GHz, šířka kanálu je 5 MHz. U standardu 802.11b lze použít pouze 3 kanály tak, aby se vzájemně nerušily. Maximální povolený výkon EIRP je 100 mW (20dBm) pro všechny standardy s frekvencí 2,4 GHz. Frekvence 5 GHz používá frekvence 5,15 - 5,35 a 5,47 - 5,725 GHz.

Rozlišujeme kanály pro vnitřní a venkovní použití. Prvních 8 kanálů je vyhrazeno pro vnitřní využití, kde je maximální výkon EIRP 200mW. Dalších 11 kanálů s regulačním výkonem EIRP max. 1W je použito u venkovních kanálů. Standard 802.11n obsahuje 19 vzájemně nepřekrývajících se frekvencí, nebo 9 frekvencí s šířkou kanálů 40 MHz [3]. Je definováno několik standardů 802.11 (Tabulka 2.2.).

Nejjednodušším zapojení je Ad-hoc tzv. nezávislé sítě, kde spojení počítačů mezi sebou je na bázi peer-to-peer. Kdy všechny počítače jsou si rovnocenné a konfigurace je rychlá a jednoduchá. Takové zapojení se používá pro potřebu přenést data nebo na sdílení Internetu. Nevýhodou je, že zařízení musí být v radiovém dosahu s ostatními zařízeními. Lepší možnost využití je pomocí komunikačního prvku AP - access point, česky přístupový bod. Jednotlivá zařízení se připojí k přístupovému bodu a jsou schopny mezi sebou přenášet informace [3].

Tabulka 2.2: *Přehled Wi-Fi standardů 802.11 v roce 2014*

Standard	Rok vydání	Frekvence [GHz]	Rychlost [Mbit/s]	Modulace
802.11	1997	2,4	2	DSSS
802.11a	1999	5	54	OFDM
802.11b	1999	2,4	11	DSSS
802.11g	2003	2,4	54	OFDM
802.11y	2008	3,7	54	
802.11n	2009	2,4 / 5	600	MIMO OFDM
802.11ac	2013	5	1000	MU-MIMO OFDM
802.11ad	2014	2,4 / 5 /60	7000	

Starší standardy využívají modulační technologii DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), která dokáže přenést větší šířku pásma než modulace FHSS (frequency hopping spread spectrum). Princip této modulace vychází z přeskakování mezi několika frekvencemi při přenosu dat. Novější standardy naopak využívají modulaci OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Je to širokopásmová modulace využívající frekvenční dělení kanálu. Pracuje s rozprostřeným spektrem, kde je každý signál vysílán na více ortogonálních frekvencích, tyto frekvence označujeme jako subnosné. Subnosné frekvence jsou dále modulovány podle potřeby různými modulacemi například QPSK, BPSK, 16QAM nebo 64QAM. Nejnovější modulace MIMO (Multiple-input multiple-output) je technologie, která představuje modulaci s více vstupy a více výstupy.

Zabezpečení wi-fi vyplývá z toho, že signál se šíří i mimo bezpečné prostory. Používá se symetrický postup šifrování a dešifrování, označený WEP (Wired Equivalent Privacy). K řízení přístupu oprávněných uživatelů, se používá identifikátor sítě, označený SSID (Service Set Identifier). Je to řetězec obsahující až 32 ASCII znaků. Další protokol pro zabezpečí EAP

(Extensible Authentication Protokol) je autentizační rámec zprostředkující přenos a používá generované klíče. Zabezpečení WPA (Wi-Fi Protected Access) vzniklo na základě nedostatků v předchozím systému WEP. Nejnovější bezpečnostní mechanismus WPA2 používá silnější šifrování AES (Advanced Encryption Standard) v kombinaci s protokolem CCMP, který v pravidelných intervalech mění klíč, kterým je šifrována komunikace [3].

Tato technologie je nejrozšířenější komunikací mezi dostupnými zařízeními, protože dosahuje vysokých přenosových rychlostí na vzdálenost desítek metrů a je levnější a úspornější než výstavba kabeláže. Nevýhodou jsou systémy pracující ve stejném frekvenčním pásmu například Mikrovlnné trouby nebo zařízení Bluetooth. Na šíření signálů má vliv i počasí nebo zdi uvnitř budov, kdy dochází k útlumu šířeného signálu. Pomocí bezdrátového připojení můžeme vytvořit síť mezi počítačem a tiskárnou nebo dalšími zařízeními, která obsahují přijímač Wi-Fi signálu například mobilní telefony, tablety a televize.

2.3 Optické připojení

Jde o typ připojení, kde data jsou přenášena pomocí infračerveného světla. Viditelné záření má vlnové délky od 790 nanometrů až do 390 nanometrů. Z toho vyplývá, že infračervené záření je lidskému oku skryto. Zdrojem infračerveného záření jsou všechna tělesa zahřátá na určitou teplotu a při pohlcování infračerveného záření se zvyšuje vnitřní energie tohoto tělesa a jeho povrch se zahřívá.

2.3.1 Infračervený port

Infračervený port je standart vytvořený IrDA konzorciem, který definuje optický bezdrátový přenos digitálních dat pomocí infračerveného záření. Komunikuje ve spektru elektromagnetické záření s vlnovou délkou od 790 nanometrů až do 0,3 milimetrů. Je označován zkratkou IrDA. K přenosu dat se využívá LED dioda s vlnovými délkami vyzařovaného světla 875 nanometrů. Jako přijímače se používají příslušné PIN fotodiody. Dopad infračerveného záření do oblasti PN přechodu způsobí uvolnění nosičů náboje z vazby a přechodem začne téct elektrický proud. Pro komunikaci je nutná přímá viditelnost spolu komunikujících zařízení [4].

U infračerveného záření podle způsobu modulace a kapacity přenosu rozlišujeme IrDA 1.0 a 1.1. Verze IrDA 1.0 má přenosové rychlosti od 2 400 do 115 200 bit/s, kdežto IrDA 1.1 má tuto rychlost až 4 Mbit/s. Definuje se také low-power IrDA s dosahem do 20 centimetrů a maximální přenosovou rychlostí 115 kbit/s. Nejnovější specifikace VFIR dosahuje maximální přenosovou rychlost 16 Mbit/s. Přenos probíhá v asynchronním módu s využitím start bitu. Používá se pulzní modulace, aby LED diody vysílaly maximálním výkonem [4].

V dnešní době existují dva základní standardy v infračervené komunikaci. IrDA Data, který se využívá především pro přenos většího objemu dat. Maximální přenosová rychlost dosahuje 4 Mbit/s. Používá se pro připojení u starších mobilních telefonů, počítačů a tiskáren na vzdálenost do jednoho metru. Standard IrDA Control se používá pro různá polohovací a ovládací zařízení například myš, klávesnice nebo ovladače televizorů. Vzdálenost přijímače a vysílače

signálu se může pohybovat kolem 5 metrů. Dochází však k poklesu přenosové rychlosti až na 75 kbit/s [4].

Výhodou infračerveného portu je malá spotřeba energií a miniaturní rozměry. Nevýhodou tohoto připojení je nutnost přímé viditelnosti zařízení, v případě vložení neprůhledného materiálu mezi komunikující zařízení dojde k přerušení komunikace. Infračervený port se používá na dálkové ovládání spotřebičů, jako je televizor, DVD přehrávač nebo rádio. Je využíván i pro komunikaci přenosných zařízení s počítačem bez nutnosti použití komunikačního kabelu. V současné době je nahrazen především standardem Bluetooth, který je rychlejší, nevyžaduje zvláštní směřování přístrojů, má větší dosah (v řádu metrů) a eliminuje základní nevýhodu infračerveného zařízení, potřebu přímé viditelnosti.

2.4 Kabelové připojení

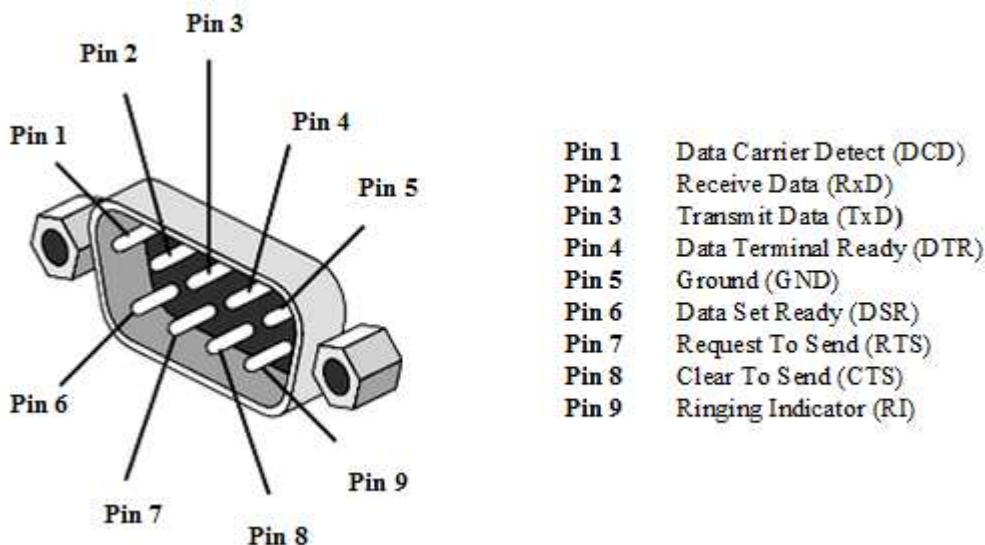
Jedná se o připojení, které má vysokou kvalitu a stabilitu. Kabel je tvořen elektrickými vodiči spojenými společným pláštěm. Jednotlivé vodiče elektrického kabelu mohou být nejen z plného drátu, ale také složené z tenkých drátků. Jádra elektrických kabelů jsou vytvořené z elektricky vodivých materiálů, jako je měď nebo dříve hliník. Takovéto kabely jsou používány k přenosu elektrické energie. Rozdělujeme elektrické kabely na silové pro rozvod elektrické energie a slaboproudé, to jsou datové, sdělovací a ovládací kabely. Optický kabel je tvořený optickými vlákny, která se rozdělují na jednovidová a vícevidová vlákna.

2.4.1 Sériový port

Sériový port byl navržen pro připojení počítačové myši k počítači, propojení staršího mobilního telefonu s počítačem, popř. pro přímé propojení dvou počítačů. Standard RS-232C z roku 1969, byl původně používán pro připojení terminálů k serveru (buď přímo či přes modem), posléze se však působnost jeho nasazení dost podstatným způsobem rozšířila a to i na domácích a osobních počítačích. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení tak, že jednotlivé bity přenesených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jednom vodiči podobně jako u síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB [5].

Zařízení jsou propojena dvěma sériovými datovými linkami pro vysílání (RxD) nebo přijímání (TxD), které mají společnou signálovou zem (GND). Propojené zařízení mohou obsahovat i další řídicí linky, pomocí nichž se zajišťuje hardwarové řízení toku dat tzv. handshaking (DTR, DSR, RTS, CTS). Přenos některých informací z modemu do počítače zajišťují linky (DCD, RI). Můžeme však přenášet data bez použití řídicích linek. V podstatě pro vzájemnou obousměrnou komunikaci označovanou jako plně duplexní, potřebujeme dvě zařízení propojit alespoň třemi vodiči (RxD, TxD, GND). Toto zapojení je nejtypičtější konfigurací používané například při propojení dvou počítačů. Na jednosměrnou komunikaci, použijeme pouze dva vodiče, jedná se o simplexní přenos dat. V některých případech lze použít pouze dva vodiče pro obousměrnou komunikaci, v tomto případě se jedná o poloduplexní přenos [5].

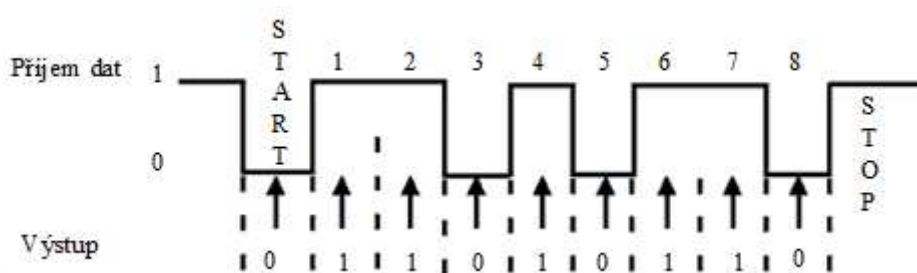
Popis konektoru typu DE-9 M na (Obrázku 2.1), který se používá pro standard RS-232.



Obrázek 2.1: Označení výstupních pinů konektoru DE-9 M [6]

Sériový port typu RS-232C řadíme do zařízení nazývaných UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) česky název universální asynchronní přijímač a vysílač. Z názvu lze určit, že se jedná o asynchronní přenos dat. Asynchronní přenos se označuje tím, že v přenesených datech informace se neobjevují synchronizační bity. To by však znamenalo, že přijímací i vysílací strana musí používat naprosto přesný zdroj hodinového signálu použitý pro detekci hranic jednotlivých bitů, což v praxi není možné. Proto se i u přenosových zařízení UART používá synchronizace, kde se vkládají na začátek a konec většího celku bitů synchronizační značky. Nejčastěji se vysílá 8 bitů, tedy celý bajt. Obě zařízení, jak přijímač, tak vysílač, se musí nejprve vhodným způsobem nakonfigurovat, aby přijímač věděl, v jakém formátu má data očekávat a jaká je přenosová rychlost datové linky. Na všech zařízeních se nastaví počet přenesených bitů v jednom celku, v některých případech i to, zda a jakým způsobem se přenáší paritní bit, který zde představuje primitivní detekci kódu [5].

Datový vodič se před přenosem dat nachází v klidovém stavu, to znamená vysokou úroveň napětí. Tato úroveň trvá libovolně dlouhou dobu. Před začátkem odeslání nastavených 8 bitů je nejprve poslán tzv. start bit, který má vždy nulovou úroveň. Tím je zaručeno, že se klidový stav linky vždy změní. Na přijímací straně zařízení se co nejpřesněji musí rozeznat změna stavu linky, začátek start bitu. Přijímací strana začne přijímat předem daný počet bitů s nastavenou přenosovou rychlostí. Standartní přenosové rychlosti u sériového portu, se odvozují o násobku 300 bit/s. Na konci přenesené sekvence bitů je přenesen i paritní bit, za nímž následuje takzvaný stop bit. Ten má vždy hodnotu logické jedničky, vysokou úroveň napětí. Délka stop bitu bývá delší než délka ostatních bitů, aby přijímač měl dostatek času na zpracování přijatých dat. Ukázka asynchronního přenosu jednoho bajtu po sériové lince bez paritního bitu je na (Obrázku 2.2).



Obrázek 2.2: Asynchronní přenos osmi bitů [5]

Standard RS-232 pouze definuje, jak přenést určitou sekvenci bitů a nezabývá se už vyššími vrstvami komunikace v referenčním modelu ISO/OSI, proto představuje pouze fyzickou vrstvu. Výhodou je jednoduchá sběrnice vhodná pro komunikaci s mikrokontroléry. Nevýhodou sériového portu je nutnost definovat přenosové rychlosti, případnou změnu rychlosti je potřeba ošetřit softwarovou sekvencí, která určí počítači změnit hardwarově přenosovou rychlost. Sériový port není vhodný pro přenos velkých objemných dat. RS-232 se dnes používá pro komunikaci s pomalými periferními zařízeními, jako jsou různé laboratorní měřicí přístroje nebo ovládací moduly. V současné době se sériový port u zařízení nahrazuje výkonnějším USB rozhraním.

2.4.2 Ethernet

Ethernet vznikl ve středisku PARC (Palo Alto Research Center) pro propojení tamních počítačů v polovině 70 let 20. století. Ethernet je specifikován normou IEEE 802.3. Tento standart specifikuje ethernet jako lokální počítačovou síť, která spojuje jednotlivé počítače prostřednictvím společně využívaného komunikačního média. Každý počítač v síti pracuje samostatně, nezávisle na ostatních, takže neexistuje žádný centrální prvek. Používá kolizní přístupovou metodu CSMA/CD [6].

CSMA (Carrier Sense Multiple Access) je kolizní protokol přístupu k médiu, kde jednotlivé uzly ověřují nepřítomnost dalšího provozu před vysíláním na sdíleném přenosovém médiu. Při současném vysílání několika uzlů, dojde ke kolizi rámců, přijaté signály jsou zkreslené a přijímače nemůžou rozlišit překrývající se signály. V CSMA sítích není možné úplně zabránit kolizím, existují ale způsoby, jak jim zabránit. Například CSMA s detekcí kolize označené CSMA/CD (CSMA With Collision Detection), kde vysílající uzly umí detekovat výskyt kolize. Při případné kolizi umí zastavit okamžitě vysílání a počkat náhodnou dobu před dalším odesláním. Toto vede k mnohem efektivnějšímu využití přenosového média.

Ethernet pro komunikaci používá koaxiální kabely, kroucenou dvoulinkou nebo optické kabely zakončené konektorem RJ-45 (Obrázek 2.3). Ethernet používá standardy podle přenosových rychlostí. Klasický ethernet s přenosovou kapacitou 10 Mbit/s používá jako přenosové médium dvakrát stíněný koaxiální kabel označován 10Base-2. Maximální délka kabelu může být až 185 metrů. Označení kabelu 10Base-T je pro kroucený dvoudrát (stíněný nebo nestíněný), délka kabelu mezi uzlem a aktivním prvkem může být do 100 metrů. Fast Ethernet dosahuje přenosové rychlosti 100 Mbit/s. Fast ethernetový kabel nese označení 100Base-TX,

jedná se také o kroucený dvoudrát nebo 100Base-FX, kde přenosové médium je vícevidový optický kabel. Jeho délka může být v případě plně duplexního provozu až 2 km. Gigabit ethernet má přenosovou rychlost 1 Gbit/s. Používají se optické kabely jak vícevidové, tak jednovidové označené jako 1000Base-SX nebo 1000Base-LX. Optické kabely dosahují vzdálenosti až 10 kilometrů. Používá se také kroucená dvojlinka pro gigabit ethernet označená 1000Base-TX, která může být použita až na vzdálenost 100 metrů.



Obrázek 2.3: Konektor RJ-45 [7]

Zařízení splňující standard IEEE 802.3 vyrobená od 1985 lze kvůli stejnému formátu rámce a MAC adresy propojit do jedné sítě. Zařízení, která používají různé přenosové médium nebo nejsou schopna pracovat stejnou přenosovou rychlostí, nelze propojovat přímo, ale musí být připojena pomocí různých segmentů sítě. Následné segmenty se spojují několika druhy aktivních prvků, které slouží pro vybudování větších sítí. Mezi aktivní prvky řadíme opakovací (repeater), které umožňují propojit dva segmenty sítě pracující stejnou rychlostí. Dále přepínače (switch) propojují několik segmentů sítě a směrovače (router), které propojují různé sítě, nemusí být typu ethernet [6].

V modelu ISO/OSI ethernet realizuje fyzickou a spojovou vrstvu. V roce 2000 se stal dominantní technologií pro kabelové sítě. Výhodou jsou vysoké přenosové rychlosti, jednoduché a levné propojení zařízení, nebo také velká podpora různých zařízení. Používá se na propojení počítačů, ale i pro datová úložiště, zařízení spotřební elektroniky jako jsou televize, herní konzole, nebo jako drátové rozhraní pro přístupové body Wi-Fi a zařízení pro přístup k internetu.

2.4.3 USB

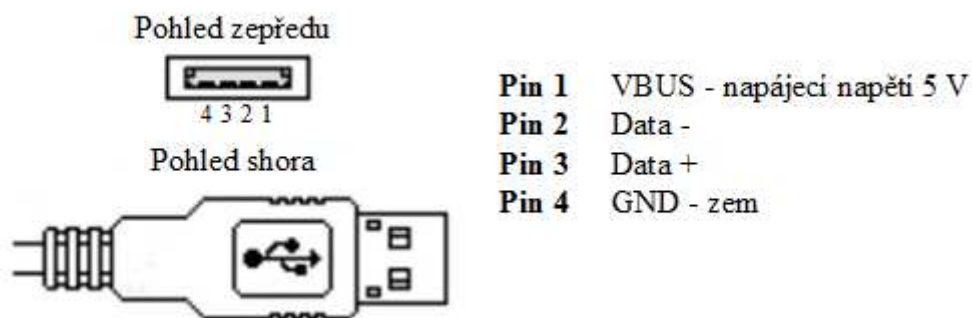
Rozhraní USB (Universal Serial Bus) se během posledních let stalo nedílnou součástí výbavy osobních počítačů. Na rozdíl od sériového rozhraní RS-232 má USB mnohem větší možnosti a schopnosti připojení. USB sběrnice umožňuje připojení velkého množství zařízení k osobnímu počítači. Lze připojit téměř všechna periferní zařízení - klávesnici, myš, tiskárnu atd.

Kromě velkého množství hotových periférií je k dispozici i nabídka integrovaných obvodů pro použití USB sběrnice. Převodníky USB na RS-232 označované jako FT232, které se používají pro komunikaci mikrokontroléru s počítačem. Základní vlastnosti rozhraní USB jsou velké přenosové rychlosti od 1,5 do 480 Mbit/s, možnost připojení až 127 zařízení na jeden

rozbočovač. Komunikační vzdálenost do 5 metrů. Rozhraní obsahuje napájení 5 V a zařízení mohou dosáhnout odběru proudu až 500 mA [8]. Používají se různé typy konektorů (Obrázek 2.5).

Ploché konektory typu USB A dnes obsahují každé počítače. Některé základní desky mají integrovaný USB rozbočovač, který obsahuje až 8 portů přímo v počítači. Konektor typu mini USB je určen pro připojení externího zařízení například digitálního fotoaparátu, externího harddisku a další. Konektory micro USB, se dnes běžně používají u mobilních telefonů.

USB konektor používá čtyři vodiče. Pomocí dvou vodičů je přeneseno napájecí napětí a zem. Další dva slouží pro přenesení vlastních dat (Obrázek 2.4). Kvůli oddělení vodičů má USB sběrnice i při vysokých přenosových rychlostí velkou odolnost proti a rušení šumu. USB 2.0 specifikuje základní parametry kabelů na propojování zařízení. Pro režim High-Speed je vyžadován stíněný kabel délky 5 metrů, pro pomalá zařízení není stínění požadováno a délka kabelu je omezena na 3 metry [8].



Obrázek 2.4: Popis vodičů USB [8]

Je definováno několik verzí rozhraní USB, základní verze USB 1.1 označovaná pomalá (Low-Speed) s přenosovou rychlostí 1,5 Mbit/s a rychlá (Full-Speed) s rychlostí 12 Mbit/s. Tato verze nebyla schopna konkurovat vysokorychlostním rozhraním, proto byla vyrobena verze 2.0. USB 2.0 z roku 2000 dosahovala maximální přenosovou rychlost 480 Mbit/s v režimu High-Speed, která zvládne obsloužit i náročnější zařízení například digitální kamery. Třetí verze, označovaná jako Superspeed USB byla vyrobena již v listopadu 2008, ale z důvodů finanční krize se rozšíření opozdilo a rozvíjet se začalo až v roce 2010. USB 3.0 disponuje desetkrát větší rychlostí než předchozí verze, přenosová rychlost je 5 Gbit/s. Tato nová verze má 9 vodičů místo původních 4, přesto je zpětně kompatibilní s USB 2.0. V budoucnu se uvažuje o technologii Wireless USB, tedy bezdrátového přenosu dat pomocí USB rozhraní [8].

USB zařízení rozdělujeme do tříd, rozbočovače (hub), vstupní zařízení, tiskárny nebo paměti. Rozbočovače jsou speciální třídou USB zařízení, protože umožňují další přípojné body. Každé USB zařízení obsahuje informace o své konfiguraci a identifikaci. K zařízení je přístupováno pomocí USB adres, která je přiřazena zařízení jakmile se připojí k počítači.

Každému zařízení je dále poskytnuta jedna nebo více komunikačních rour (pipes), přes které komunikuje systém se zařízením. Všechna zařízení musí poskytovat speciální komunikační rouru ke koncovému bodu 0 (endpoint zero), která slouží pro řízení USB zařízení. Všechna USB zařízení mají stejný mechanismus přístupu k informacím přes tuto řídicí rouru.

Rozbočovače jsou hlavním prvkem v architektuře plug-and-play a zjednodušují připojování USB zařízení z hlediska uživatele. Rozbočovače umožňují připojení více zařízení ke sběrnici. Připojené body nazýváme porty. Každý rozbočovač převádí jeden připojený bod na více připojených bodů. USB architektura podporuje spojování více rozbočovačů. Koncové zařízení je zařízení, které je schopno přijímat data nebo vysílat data po sběrnici. Koncová zařízení jsou implementována jako periferní zařízení, připojené kabelem k portu rozbočovače [8].



Obrázek 2.5: Typy konektoru USB [9]

Výhodou je možnost připojování zařízení bez nutnosti restartování počítače označena plug and play nebo bez potřeby ručního instalování ovladačů. Připojené zařízení je během několika sekund přístupné ke komunikaci. Další výhodou je přidávání zmíněných rozbočovačů, které rozšiřují USB sběrnice o nové porty. Nevýhodou je velká složitost USB pro amatérské vývojáře. Proto se používá převodník USB na sériový port. Rozhraní USB vzniklo pro sjednocení připojování periferních zařízení a dnes veškerá nová zařízení obsahují alespoň jedno USB rozhraní různého typu pro připojení periferních zařízení k počítači. Pomocí USB lze připojit nejrozličnější periferní zařízení klávesnice, tiskárny, gamepady nebo různé řídicí a měřicí moduly.

2.4.4 Optický kabel

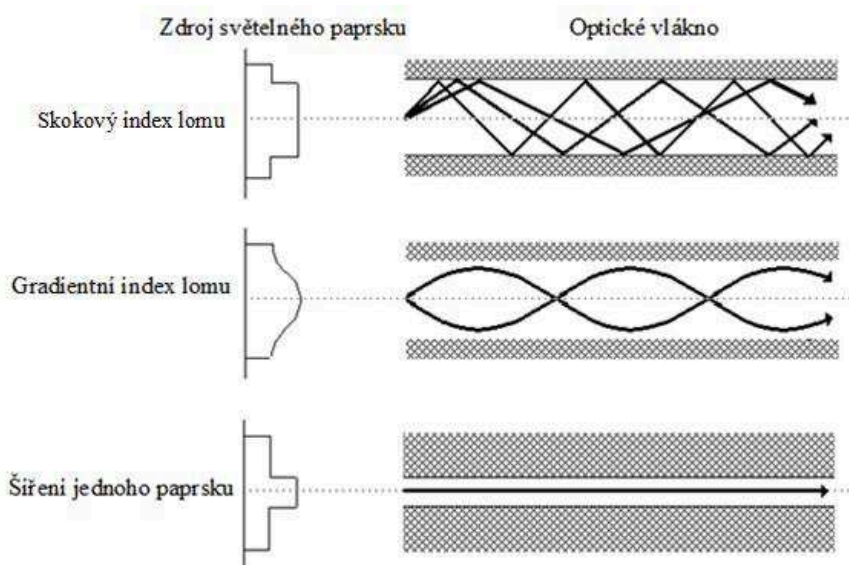
Je tvořen optickým vláknem, které je velice náchylné na zlomení. Je to dáno malým průměrem vlákna 125 mikrometrů, proto se optické vlákno vkládá do optických kabelů. Optický kabel je tvořen minimálně jedním optickým vláknem, ale může obsahovat i několik stovek v jednom kabelu. Je potažený primární a sekundární ochranou. Primární ochranná vrstva zajišťuje pružnost vlákna, bez této ochrany je vlákno velice křehké. Sekundární vrstva zvyšuje ochranu

vlákna. Ochrana jednotlivých kabelů se výrazně liší podle místa jejich použití a podmínek, kterým mají odolávat [10].

Samotné vlákno je složeno z jádra (Core) a pláště (Cladding). Hlavní materiál na výrobu je sklo, v některých případech i plast. Plášť je velmi tenká vrstva skla, má nižší index lomu než jádro a tím zajišťuje vnitřní odraz šířeného světla. U vlákna se udávají dva základní parametry, uvedené číslem u popisu kabelu. První číslo je průměr jádra, kde je paprsek přenášen a druhé číslo je průměr obalu, který slouží k odrazu paprsku. Vlákna rozdělujeme na jednovidová (single-mode), která mají průměr jádra 9 mikrometrů a průměr pláště 125 mikrometrů. U jednovidových vláken se šíří pouze jeden vid. Vícevidová (multi-mode) vlákna mají větší průměr jádra 50 nebo 62,5 mikrometrů a plášť 125 mikrometrů [10]. U vícevidových vláken rozlišujeme skokový (step) a plynulý (graded) index lomu světla (Obrázek 2.6).

K přenosu světla optickými vlákny se používá odraz a lom světelných paprsků. Světelný paprsek se při přechodu z jednoho prostředí do druhého ohýbá. Ohyb světla po přenosové cestě označujeme jako lom. Každý průhledný materiál má svůj index lomu, který uvádí, jak se světlo ohne při cestě z tohoto materiálu do vakua. Úhel ohybu světla závisí také na vlnové délce (barvě) světla. V optice se využívá rozsah infračerveného záření v rozmezí 800 - 1600 nanometrů [10].

Optická vlákna mají velkou šířku pásma a malý útlum. Jsou to válečkové dielektrické vlnovody, které přenášejí světlo (vid) podél své osy pomocí odrazu. Přenosová kapacita optického vlákna je dána počtem přenesených vidů za jednotku času. Rozlišujeme optické kabely pro venkovní a vnitřní použití. Vnitřní optické kabely slouží pro propojení zařízení v budově, používají se převážně levnější vícevidové technologie s přenosovou rychlostí okolo 1 Gbit/s, naopak venkovní kabely jsou ukládány do země v ochranných mikrotrubičkách a využívají vhodnější jednovidovou technologii dosahující přenosové rychlosti 100 Gbit/s na vzdálenost desítek kilometrů [10].



Obrázek 2.6: Šíření paprsku v optickém vlákne [10]

Zdrojem světla může být LED dioda, nebo nákladnější laserová dioda. LED diody mají nízkou cenu, ale také nižší přenosovou rychlost - 600 Mbit/s. Laserové diody jsou dražší, dosahují vysokých přenosových rychlostí v řádech terabitů za sekundu. Jako detektory se používají fotodiody nebo fototranzistory. Ty pak převádějí světelné paprsky na elektrické signály. Většina optických zařízení pro přenos signálu je jednosměrná (simplexní), umí vysílat nebo přijímat. Pro plnohodnotné obousměrné (duplexní) přenesení signálu je potřeba dva optické spoje nebo využití technologie vlnového multiplexu WDM (Wavelength-division multiplexing). Tato technologie využívá pro jednotlivé přenosy různé vlnové délky, tedy různé barvy. Používají se vlnové délky 850 a 1300 nanometrů pro vícevláková vlákna. Jednovláková vlákna používají 1310 a 1550 nanometrů [10]. Tyto vlnové délky nazýváme okna z důvodu nízkého útlumu.

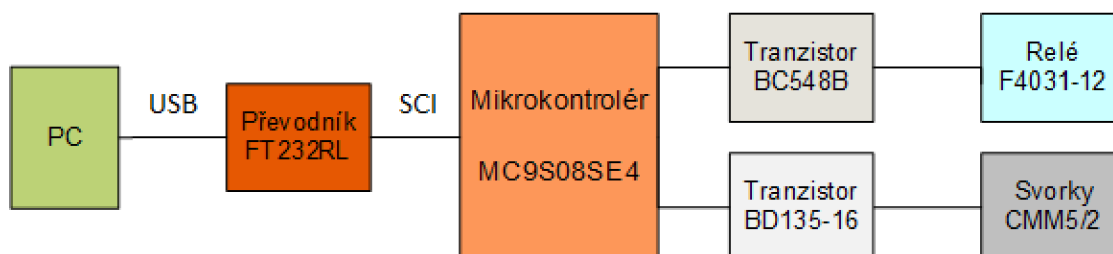
Výhodou optických kabelů je odolnost proti elektromagnetickému rušení, optické vlákno nevyzařuje žádné elektromagnetické záření, nelze odposlouchávat signál ve vláknech. Mají malý útlum a vysoké přenosové rychlosti. Nevýhodou jsou stále velké pořizovací náklady, drahé přístroje na opravu vedení a křehkost optických vláken. Optické kabely se používají pro připojení zařízení k internetu, kde potřebujeme dosáhnout vysokých přenosových rychlostí nebo na příjem digitálního televizního vysílání.

3 Návrh jednotky spínacích relé

Hlavním cílem této bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat prototyp jednotky, která bude obsahovat elektromagnetická relé s jedním přepínacím kontaktem a výstupní svorky pro připojení koaxiálních relé. Jednotka spínacích relé bude připojena k počítači pomocí USB rozhraní. Komunikace mezi počítačem a mikrokontrolérem probíhá přes sériový port a to z důvodu snadnějšího programování mikrokontroléru.

3.1 Blokové schéma

Na (Obrázku 3.1) je blokové zapojení hlavních součástí jednotky spínacích relé. Základem je mikrokontrolér od firmy Freescale MC9S08SE4, elektromagnetické relé připojené k mikrokontroléru přes spínací tranzistor a dále výstup ze spínacího tranzistoru na připojení koaxiálních relé, která nejsou součástí desky plošného spoje. Koaxiální relé se připojuje pomocí připravených svorek.



Obrázek 3.1: *Blokové schéma jednotky*

3.2 Výběr součástek jednotky

Tato kapitola se zabývá popisem mikrokontroléru. Je zde popsán převodník FT232RL pro komunikaci mikrokontroléru s počítačem přes USB rozhraní. Dále zapojení tranzistoru jako spínač a výpočet potřebných rezistorů pro korektní spínání elektromagnetického relé ovládaného 12 V cívkou. Také je zde popsáno elektromagnetické a koaxiální relé.

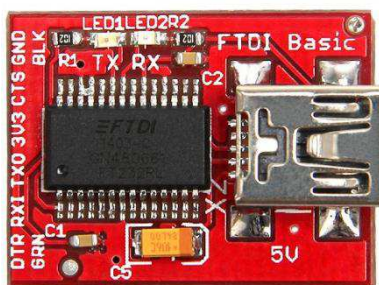
3.2.1 Převodník USB - UART

Zařízení se k počítači připojuje přes USB rozhraní. Protože dnešní počítače již nemají sériový port potřebný pro snazší komunikaci počítače s mikrokontrolérem, rozhodl jsem se využít převodník MAX232 (Obrázek 3.2) od firmy Arduino, jehož hlavní součástí je integrovaný obvod FT232RL. Tento jednočipový převodník USB - UART spojuje možnosti sběrnice USB spolu s jednoduchým asynchronním sériovým kanálem pro připojení vnějších zařízení. Samotná komunikace přes sběrnici USB by byla náročná. Základní parametry převodníku FT232RL [11]:

- nastavitelná přenosová rychlost od 300 Bd až 1 MBd
- unikátní identifikační číslo, označené FTDIChip-ID

- podpora 7 nebo 8 bitového přenosu, 1 nebo 2 stop-bitů a parity (lichá, sudá, značená, mezerová, bez parity)
- USB 2.0 Full Speed kompatibilní
- jednoduché napájení v rozsahu 3,3 - 5,25 V, umožňuje napájení přímo z USB
- možnost připojení 5 V/ 3,3 V/ 2,8 V/ 1,8V logiky
- FIFO přijímací a vysílací paměť pro vysokou propustnost dat
- plně integrovaná 1024 bit paměť EEPROM k uložení popisu zařízení
- interní oscilátor 12 MHz

K přenosu dat mezi převodníkem RT232RL a mikrokontrolérem jsou použity 2 vodiče obvodu, RxD pro přijímání dat a TxD na vysílání dat. Pro přenos dat se používá asynchronní sériová komunikace, ta je popsána v kapitole 2.4.1. Napájení převodníku je přímo z USB konektoru, který je zde typu miniUSB. Modul Arduino využijeme pro napájení mikrokontroléru, který obsahuje výstup napětí 5 V a uzemnění GND.

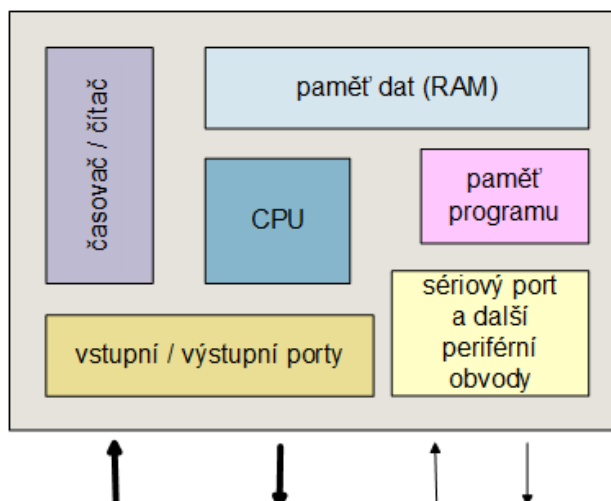


Obrázek 3.2: Arduino modul v měřítku 2:1

Po připojení k počítači se převodník zobrazí jako sériový port, to nám usnadňuje komunikaci. O ovladače modulu se stará přímo výrobce integrovaného obvodu a ovladače jsou dostupné pro různé operační systémy Windows, Linux nebo Mac OS a pro jejich nejnovější verze.

3.2.2 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér je označení pro integrovaný obvod, který má v jednom pouzdře zpravidla všechny potřebné obvody, aby mohl řídit celou aplikaci, bez použití dalších podpůrných obvodů. Obsahuje tedy na jediném čipu řadič a aritmetickou jednotku, kde se používá délka slova 4, 8, 16 nebo 32 bitů. Paměť programu neboli kódovou paměť, která je dnes většinou typu EEPROM nebo FLASH a lze ji programovat elektronicky. Operační paměť označovaná jako RAM slouží pro dočasné uložení dat. Periferní obvody pro vstup a výstup. Některé mikrokontroléry obsahují také generátor hodinového signálu, obvody pro kontrolu správné činnosti nebo pro programování kódové paměti přímo v aplikaci [12]. Blokové schéma mikrokontroléru je na (Obrázku 3.3).



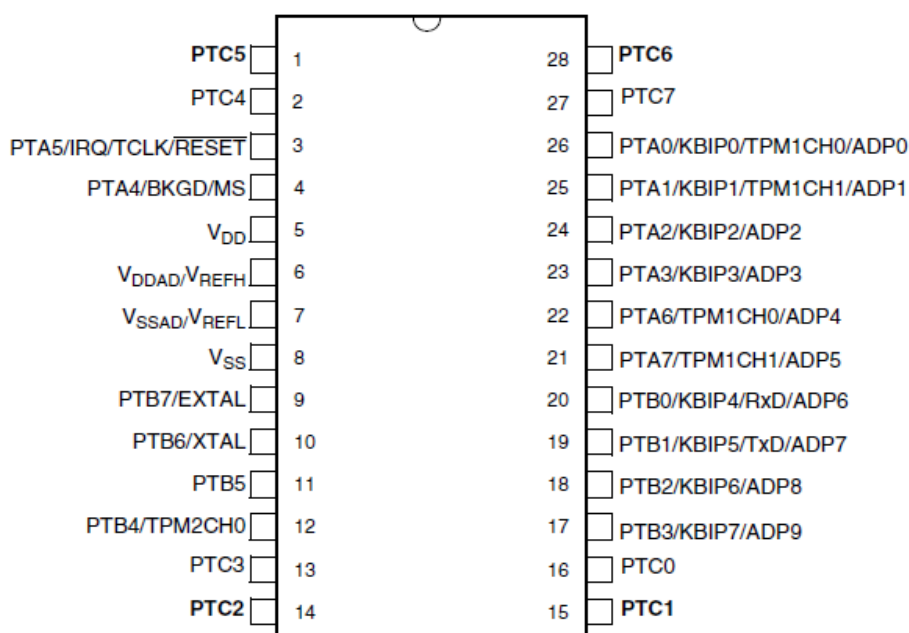
Obrázek 3.3: *Blokové schéma mikrokontroléru*

Jako hlavní řídicí jednotka zapojení je tedy mikrokontrolér MC9S08SE4 od firmy Freescale. Tento osmibitový mikrokontrolér patří mezi levné a vysoce výkonné mikrokontroléry s jádrem HCS08. Velkou výhodou je velmi nízká spotřeba energie, která je dána úrovněmi úsporných režimů, především režimů spánku. Struktura paměti odpovídá von Neumannově architektuře, kde ve stejném paměťovém prostoru se nachází paměť pro data i program. Mikrokontrolér řadíme mezi procesory typu CISC, s úplnou instrukční sadou. Umožní to úsporu místa v programové paměti, ale vyžaduje komplikovanější dekodér instrukcí.

Základní parametry mikrokontroléru MC9S08SE4:

- jádro HCS08 s hodinovým kmitočtem 20 MHz
- sběrnice s frekvencí až 10 MHz
- paměť programu 8 kB a operační paměť 512 B
- externí oscilátor 31,25 - 38,4 kHz nebo 1 - 16 MHz
- interní sběrniceový oscilátor 1 - 10 MHz
- napájecí napětí 5 V
- jeden pin na programování a ladění mikrokontroléru
- komunikace s okolím přes sériové rozhraní

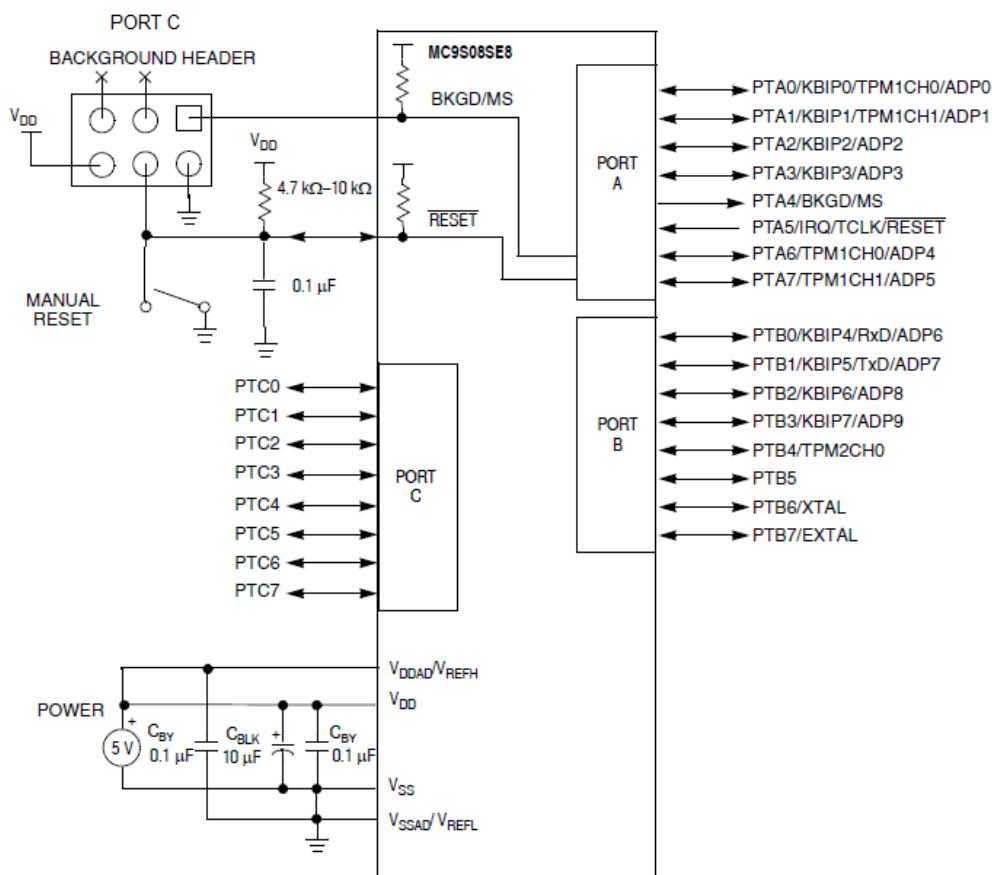
Tento mikrokontrolér používá typ pouzdra označený jako DIP (Dual in-line package). Jedná se o ploché podlouhlé pouzdro z plastu nebo keramického materiálu s vývody na delších stranách. Vývody procházejí skrz díry v plošném spoji a zle ho zapojit i v nepájivém poli. Mikrokontrolér obsahuje 28 pinů a jejich rozmístění je na (Obrázku 3.4)



Obrázek 3.4: Rozmístění vývodů MC9S08SE4 [13]

Důležitou součástí u mikrokontroléru je programátor. Ten slouží k propojení počítače s mikrokontrolérem tak, aby se do něj mohl nahrát vytvořený program. Pro vybraný mikrokontrolér použijeme programátor USB Multilink Universal FX, který je určený pro mikrokontroléry Freescale s jádrem HCS08. Připojuje se k počítači přes USB rozhraní a má několik výstupních portů, rozdělené podle typu jádra mikrokontroléru. Na programování jádra HCS08 slouží port C programátoru, který má šest pinů, z nichž dva jsou nepoužity. Pin BKGD/MS slouží pro nahrání a ladění programu, tlačítko RESET pro nastavení mikrokontroléru do počátečního stavu. Další dva vývody slouží jako napájení mikrokontroléru. Programátor obsahuje i dvě kontrolní diody a výstup pro nastavení napájení mikrokontroléru napětím 5 V. Zapojení mikrokontroléru pro připojení k programátoru je na (Obrázku 3.5).

Na vytvoření programu mikrokontroléru je potřeba vývoje prostředí. Pro mikrokontroléry od firmy Freescale se používá software CodeWarrior. Nejnovější verze CodeWarrior v10.6 je zdarma online ke stažení na stránkách výrobce Freescale, ale pouze v omezené míře kódu. Software podporuje operační systémy Microsoft Windows. Tento software spolupracuje s platformou Eclipse. Používá programovací jazyky Asembler nebo C/C++. Software a kód mikrokontroléru je blíže popsán v kapitole 3.4 Řídící program mikrokontroléru.

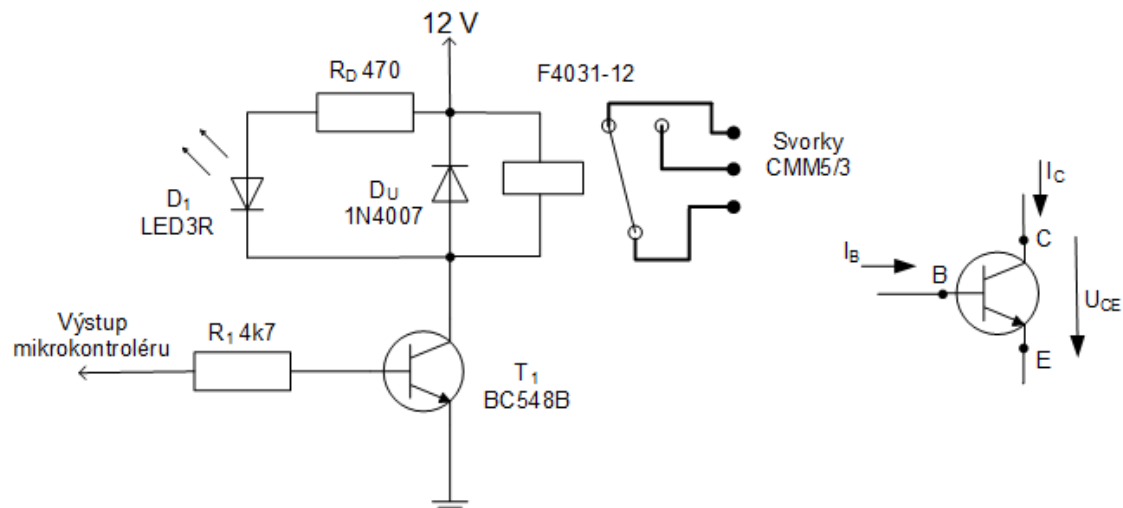


Obrázek 3.5: Schéma zapojení mikrokontroléru k programátoru [13]

3.2.3 Spínání indukční zátěže

Z důvodu velkého proudu při spínání elektromagnetického nebo koaxiálního relé, které už je zcela mimo možnosti použití proudu z výstupu mikrokontroléru, použijeme bipolární tranzistor zapojený se společným emitorem jako spínač indukční zátěže (Obrázek 3.6).

V zapojení na (Obrázku 3.6) je použito elektromagnetické relé blíže popsáno v kapitole 3.2.5. Relé je ovládáno cívkou se stejnosměrným napájecím napětím 12 V a cívka s odporem 220 Ω potřebuje proud pro sepnutí 55 mA. Jeden vývod cívky je spojen přímo s napájecím napětím a druhý vývod cívky je spojen tranzistorem na zem. Proudem báze je ovládáno otevírání tranzistoru. Proud báze se nastavuje rezistorem R_1 , který je zapojen mezi výstup mikrokontroléru a bázi tranzistoru.



Obrázek 3.6: Vlevo zapojení tranzistoru jako spínač vpravo popis tranzistoru

Velikost rezistoru se vypočítá jako podíl napětí na rezistoru a proudu báze (3.3). Napětí rezistoru se vypočítá jako rozdíl napětí z výstupu mikrokontroléru a napětí mezi bázi a emitorem tranzistoru. Napětí mezi bázi a emitorem je pro všechny bipolární tranzistory stejné 0,65 V, vzorec (3.1). Aby se tranzistor otevřel, potřebuje proud do báze, který se vypočítá z vzorce (3.2) a zpravidla se volí 5 krát vyšší než je vypočítaná velikost proudu báze. Hodnota proudového zesilovacího činitele se zvolí z rozmezí udávaného v katalogu výrobce tranzistoru (Tabulka 3.1).

$$U_R = U_{CC} - U_{BE} = 5 - 0,65 = 4,35 \text{ V} \quad (3.1)$$

kde:

U_R - napětí na rezistoru [V]

U_{CC} - napětí z mikrokontroléru [V]

U_{BE} - napětí báze - emitor

$$I_B = \left(\frac{I_C}{h_{FE}} \right) \cdot 5 = \left(\frac{0,054}{300} \right) \cdot 5 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ A} \quad (3.2)$$

kde:

I_B - proud báze [A]

I_C - proud kolektorem [A]

h_{FE} - proudový zesilovací činitel [-]

$$R_1 = \frac{U_R}{I_B} = \frac{4,35}{9 \cdot 10^{-4}} = 4833 \, \Omega \quad (3.3)$$

kde:

R_1 - rezistor báze [Ω]

U_R - napětí na rezistoru [V]

I_B - proud báze [A]

Z odporové řady E12 zvolím nejbližší rezistor 4700 Ω . Do kolektoru tranzistoru teče elektrický proud z cívky. Tento proud musí být menší než maximální proud kolektoru tranzistoru I_C . Lze použít několik typů tranzistoru na spínání 12 V relátek, proto zvolím menší univerzální bipolární NPN tranzistor BC548B. Technické parametry tranzistor jsou uvedeny v (Tabulce 3.1).

Tabulka 3.1: *Technické parametry tranzistoru BC548B*

I_C	U_{CE}	U_{CEsat}	U_{BEsat}	P_D	h_{FE}	Pouzdro
100 mA	30 V	30 V	5 V	0,625 W	200 - 450	TO92

Cívka elektromagnetického relé má kromě elektrického odporu také indukčnost a tak rozpojením spínacího obvodu při zavřeném tranzistoru dochází k prudkému přepětovému impulsu. Dioda paralelně připojená k cívkce relé ji přemostňuje a ochrání tak tranzistor před proražením vyšším napětím, než na jaké je dimenzován. Proto se vkládá paralelně k cívkce usměrňovací dioda, například 1N4007.

Sepnutí kontaktů relé bude kontrolovat červená LED dioda. K LED diodě musí být připojen do série rezistor pro nastavení proudu, který je potřebný na rozsvícení diody. Maximální hodnota proudu pro rozsvícení diody LED3R je podle datasheetu diody [14] 30 mA. Proud rezistoru je 20 mA. Úbytek napětí v propustném směru diody je 2,6 V. Pomocí vzorce (3.4) lze vypočítat hodnotu pomocného rezistoru diody. Z řady E12 zvolím přímo rezistor 470 Ω .

$$R_D = \frac{U_D}{I_D} = \frac{U_{NP} - U_M}{I_D} = \frac{12 - 2,6}{0,02} = 470 \, \Omega \quad (3.4)$$

kde:

R_D - rezistor nastavení proudu LED diody [Ω]

U_{NP} - spínací napětí relé [V]

U_M - napětí na LED diodě v propustném směru [V]

I_D - proud diody v propustném směru [A]

K sepnutí cívky koaxiálního relé PE7159 je potřeba 22 V stejnosměrného napětí. Odpor cívky je malý 50 Ω a při přivedení napájecího napětí poteče cívkou relé spínací proud 440 mA. Proto musíme zvolit jiný tranzistor na spínání, výkonový tranzistor BD135-16, který má kolektorový proud dimenzován na 1,5 A. Parametry tranzistoru BD135-16 jsou v (Tabulce 3.2).

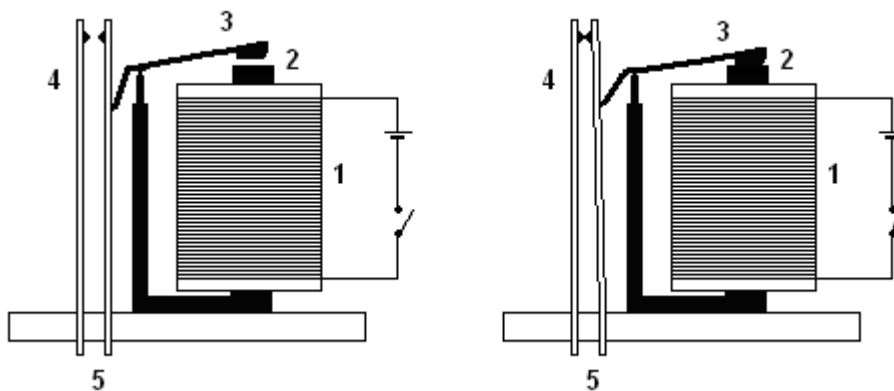
Tabulka 3.2: *Technická data tranzistoru BD135-16*

I_C	U_{CB}	U_{CE}	U_{CEsat}	P_{tot}	h_{FE}	Pouzdro
1,5 A	45 V	45 V	0,5 V	12,5 W	40 - 250	TO126

3.2.4 Elektromagnetické relé

Relé je součástka obsahující elektromagneticky ovládané spínací kontakty. Relé bylo vynalezeno Josefem Henrym v roce 1835. Původní využití bylo na telegrafních linkách, kde sloužilo jako mechanický zesilovač. V dnešní době se používá v mnoha aplikacích, i když jeho funkce jsou nahrazovány obvody založené na polovodičových součástkách.

Relé je tvořeno z cívky (elektromagnetu) navinuté na jádro z měkkého feromagnetického materiálu. Magnetický obvod je uzavřen pohyblivou kotvou a ta je pružinou uváděna do klidové polohy a současně se opírá o pohyblivý kontakt. Jakmile se cívka relé připojí na elektrický zdroj, přivedený proud na cívku v magnetickém obvodu vyvolá magnetický tok. Ten způsobí přitažlivou sílu na kotvu, která je větší než síla v pružině a překlopí kontakt relé (Obrázek 3.7). Po odpojení elektrického zdroje se kotva a kontakt vrací do předchozího tzv. klidového stavu [16].



Obrázek 3.7: *Vlevo rozpojené vpravo sepnuté relé [15]*

Popis relé:

1. cívka, 2. jádro z magneticky měkké oceli, 3. pohyblivá kotva, 4. pružné kontakty, 5. místo připojení ovládaného zařízení

Relé můžeme rozlišit podle několika parametrů: velikost ovládacího napětí cívky, velikost proudu cívky, provedení magnetického obvodu (stejnosměrný, střídavý), počet kontaktů, druh

kontaktů (spínací, přepínací, rozpínací, speciální), velikost napětí kontaktů, velikost proudu kontaktů, druh proudu kontaktů (stejnoseměrný, střídavý). Lze rozlišit relé i podle funkce použití na pomocná, regulační, kroková, proudová, impulzní, kmitavá a další podle oblasti použití.

Pro výrobu jednotky spínacích relé bylo potřeba vybrat relé, které splňuje následující parametry:

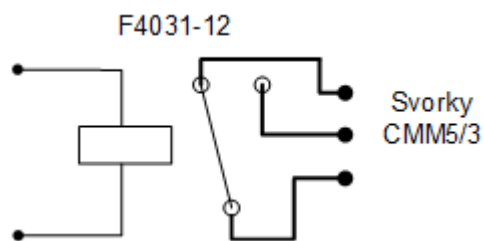
- cívka relé ovládaná napájecím stejnosměrným napětím 12 V
- relé s jedním přepínacím výstupem na svorkovnici
- relé dimenzované na napětí 250 V a proud 10 A

Z běžně dostupných relé jsem vybral od firmy Finder relé typ F4031-12. Jde o elektromagnetické relé s jedním přepínacím kontaktem. Cívka relé je ovládaná stejnosměrným proudem. Relé obsahuje prachotěsný kryt a pájecí vývody. Vzdálenost mezi cívkou a výstupními kontakty je 3,5 mm. Cena za jedno relé se v českých elektronických obchodech pohybuje v rozmezí 50 - 80 Kč. Další technická data elektromagnetického relé F4031-12 jsou uvedena v (Tabulce 3.3).

Tabulka 3.3: *Technická data relé Finder F4031-12*

Počet kontaktů	1 přepínač
Ovládací napětí	12 V DC
Odpor cívky	220 Ω
Proud cívky	55 mA
Spínací proud	10 A
Spínací napětí	250 V
Maximální výkon	2 500 W
Doba přitahu	max. 8 ms
Doba odpadu	max. 4 ms

Elektromagnetická relé se rozlišují i podle počtu přepínacích kontaktů. Relé F4031-12 má jeden přepínací kontakt, to se značí jako SPDT (Single Pole Double Throw). Společný vývod se připojuje k jednomu z dvou možných vývodů relé (Obrázek 3.8).



Obrázek 3.8: *Přepínací kontakt relé*

Elektromagnetické relé se používá tam, kde je potřeba malými proudy spínat proudy větší. Slouží tedy jako zesilovač v elektrickém obvodu. Dnes se používají také jako přístroje spínající elektrické obvody, vytváří jednoduché logické funkce pro řízení a ovládání strojů. Relé lze použít i v zabezpečovacím zařízení na železniční a silniční dopravě.

3.2.5 Koaxiální relé

V blokovém schématu jednotky (Obrázek 3.1) jsou uvedeny výstupní svorky CMM5/2 z tranzistorového spínače pro připojení koaxiálních relétek typu PE7159 od firmy Pasternack. Jde o vysokofrekvenční relé s maximální frekvencí 18 GHz a konstrukcí kontaktů SP6T (Single Pole 6 Throw). Cena koaxiálních relé je poměrně vysoká. Na (Obrázku 3.9) je zobrazeno koaxiální relé PE7159 s šesti konektory označované SMA.



Obrázek 3.9: Koaxiální relé PE7159 [16]

3.3 Schéma zapojení

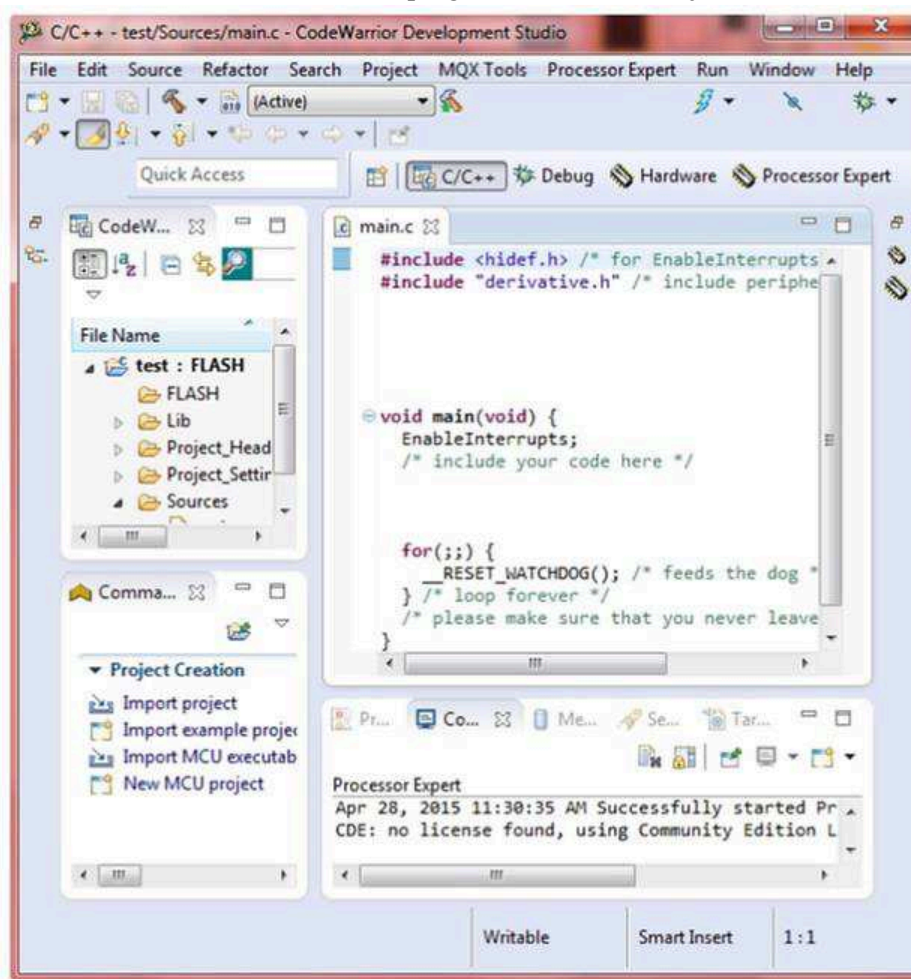
Celkové schéma zapojení jednotky spínacích relé se skládá z mikrokontroléru Freescale, výstupních pinů na připojení převodníku MAX232, který obsahuje integrovaný obvod FT232RL. Dále čtyř obvodů s elektromagnetickými relé Finder F4031-12 a dalších čtyř obvodů s výstupními svorkami na připojení koaxiálních relé. Ve schématu je zakresleno také napájení všech relé a napájení mikrokontroléru přivedené přes výstupní piny z převodníku.

Na vytvoření celkového schématu jednotky jsem použil dostupný program na tvorbu elektrických schémat nazývaný EAGLE. Jde o komplexní návrhový program na tvorbu desek plošného spoje a elektrických schémat. Navíc disponuje rozsáhlými knihovnami všech součástek. Eagle lze použít na operačních systémech Windows nebo Linux a je k dispozici volně ke stažení na stránkách výrobce, ale pouze v omezené velikosti desky plošného spoje. Celkové schéma zapojení je umístěno v příloze A této práce.

3.4 Řídící program mikrokontroléru

Tvorba programu pro danou aplikaci je realizována využitím vyššího programovacího jazyka. V dnešní době se používá jazyk C. Vytvořený zdrojový text programu je přeložený překladačem jazyka C do jazyka symbolických adres a následně pomocí assembleru do strojového kódu. Strojový kód je nahrán na paměť mikrokontroléru.

Celý program mikrokontroléru je napsaný ve vývojovém prostředí CodeWarrior v10.6, který je vytvořený firmou Freescale. Je určen pro programování mikrokontroléru od společnosti Freescale semiconductor a ke stažení je zdarma na stránkách výrobce, ale pouze v maximální velikosti kódu 4kB. Mikrokontrolér je připojen k počítači přes Universal Multilink FX rozhraní, které se připojuje pomocí USB kabelu. Toto připojení umožňuje ladění a vývoj aplikací přímo z programu CodeWarrior. Uživatelské rozhraní programu CodeWarrior je na (Obrázku 3.10).



Obrázek 3.10: Uživatelské rozhraní CodeWarrior v10.6

Mikrokontrolér komunikuje s počítačem přes rozhraní SCI (Serial Communication Interface). Ze vzorce (3.5) vypočítáme potřebnou hodnotu registru SCIBDL. Přenosová rychlost je nastavena na 9 600 Baudu za sekundu. Interní frekvence sběrnice je 4 786 kHz. Pro správné

nastavení SCI rozhraní mikrokontroléru je potřeba do SCIBDL registru zadat vypočítanou hodnotu v šestnáctkové soustavě, tedy hodnotu 1F. Celkové nastavení SCI rozhraní je v kódu mikrokontroléru ve funkci void init_SCI().

$$BR = \frac{BUSCLK}{\frac{SCI\ Baud\ Rate}{16}} = \frac{4786000}{\frac{9600}{16}} = 31 \rightarrow 1F \quad (3.5)$$

kde:

BR - hodnota registru SCIBDL

BUSCLK - frekvence sběrnice [Hz]

SCI Baud Rate - přenosová rychlost [Baud]

Mikrokontrolér čte pouze znaky potřebné pro sepnutí nebo rozepnutí tranzistorového spínače relé, tedy znaky r, z, v, 1 - 8. Celý vstup je pomocí funkce interrupt VectorNumber_Vscirx void inSW1() načtený do proměnné rstr typu byte a na základě napsaného příkazu se pomocí funkce void do_relays() zapne nebo vypne příslušný tranzistorový spínač. Příkaz se vykoná po stisknutí klávesy Enter. Následně se pomocí funkce void clear_terminal() do výstupního okna terminálu PuTTY pošle hodnota mezerníku z ascii tabulky, aby se vymazal předchozí příkaz. V terminále lze použít i tlačítko z klávesnice mazání Backspace v případě překlepnutí.

Hlavní funkce kódu je tedy void do_relays(), rozhoduje na základě příchozích znaků z terminálu, který tranzistorový spínač relé sepne nebo rozezne. Všechny znaky jsou přijímány v šestnáctkové soustavě. Na první pozici v proměnné rstr musí být hodnota písmene r z ascii tabulky, tedy hodnota 72 hex. Na druhé pozici proměnné rstr vyhodnocuje příchozí číslo. Číslo z klávesnice musí být v rozsahu 1 až 8. Tedy hodnota z ascii tabulky 31 až 38 hex. Dle příchozího čísla se vybere, který tranzistorový spínač bude ovládán. Na třetí pozici v proměnné rstr se vyhodnocuje příchozí hodnota písmene z, tedy 7A hex, která je pro zapnutí tranzistorového spínače. Nebo příchozí hodnota písmene v, která je 76 hex pro vypnutí tranzistorové spínače.

Všechny tranzistorové spínače jsou připojeny k mikrokontroléru přes port C, který obsahuje 8 pinů. V preprocesoru kódu jsou vytvořena makra, které nahrazují řetězec ve zdrojovém kódu. Použitá makra jsou uvedena v (Tabulce 3.4).

Tabulka 3.4: Použitá makra při spínání relé

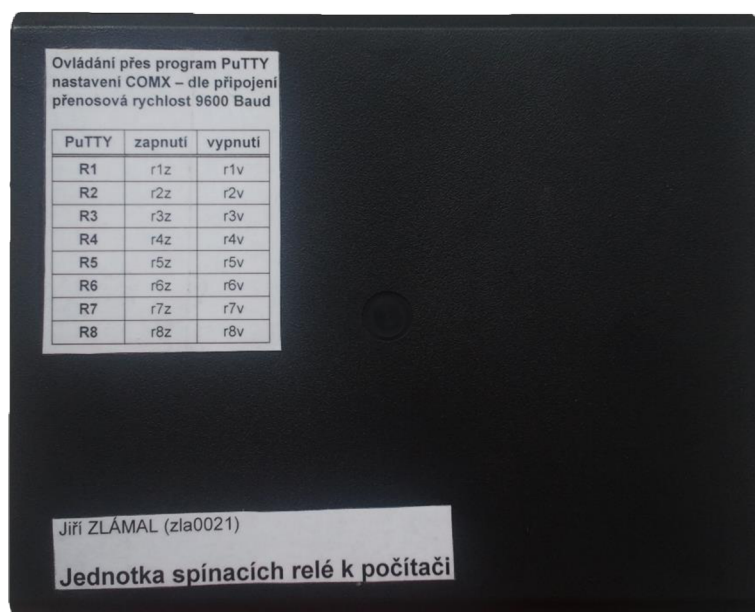
Identifikátor	Direktiva	Identifikátor	Direktiva
R1	PTCDD_PTCDD5	R5	PTCDD_PTCDD6
R2	PTCDD_PTCDD4	R6	PTCDD_PTCDD7
R3	PTCDD_PTCDD3	R7	PTCDD_PTCDD0
R4	PTCDD_PTCDD2	R8	PTCDD_PTCDD1

3.5 Realizace jednotky spínacích relé

K vyrobení jednotky spínacích relé k počítači, jsou všechny součásti k dispozici v obchodech s elektronickými součástkami. Součástky jsou podle celkového schématu osazeny na univerzální desce plošného spoje, která je připevněna k ochranné plastové krabici. Plastová krabice je ze všech stran uzavřená, při používání jednotky jsou ve svislých stěnách vyvedené otvory na připojení zařízení do výstupních svorek relé a připojení převodníku USB kabelem. Elektromagnetická relé spolu s výstupními svorkami jsou umístěna na jedné straně desky plošného spoje, výstupy na připojení koaxiálních relé a převodník MAX232 jsou umístěna na opačné straně dle celkového schématu jednotky.

Ovládací napětí je rozděleno pro elektromagnetická a koaxiální relé a to z důvodu připojení koaxiálních relé, které mohou mít vyšší ovládací napětí než 12 V. Na ochranné krabici jsou umístěny dvě redukce na připojení adaptéru. První redukce označena 12 V DC je pro připojení adaptéru k napájení elektromagnetických relé stejnosměrným napětím 12 V. Druhá redukce označena napětí R1 - R4 max 40 V je pro připojení adaptéru s ovládacím napětím dle připojených koaxiálních relé. Napětí by však nemělo být větší než 40 V, aby nedošlo k poškození výkonového tranzistoru BD135.

Na horním krytu ochranné krabice je návod na spínání relé (Obrázek 3.11). Návod obsahuje tabulku, která popisuje spínání a rozepínání tranzistorových spínačů relé. Dále je zde popis návodu pro nastavení ovládacího programu PuTTY.



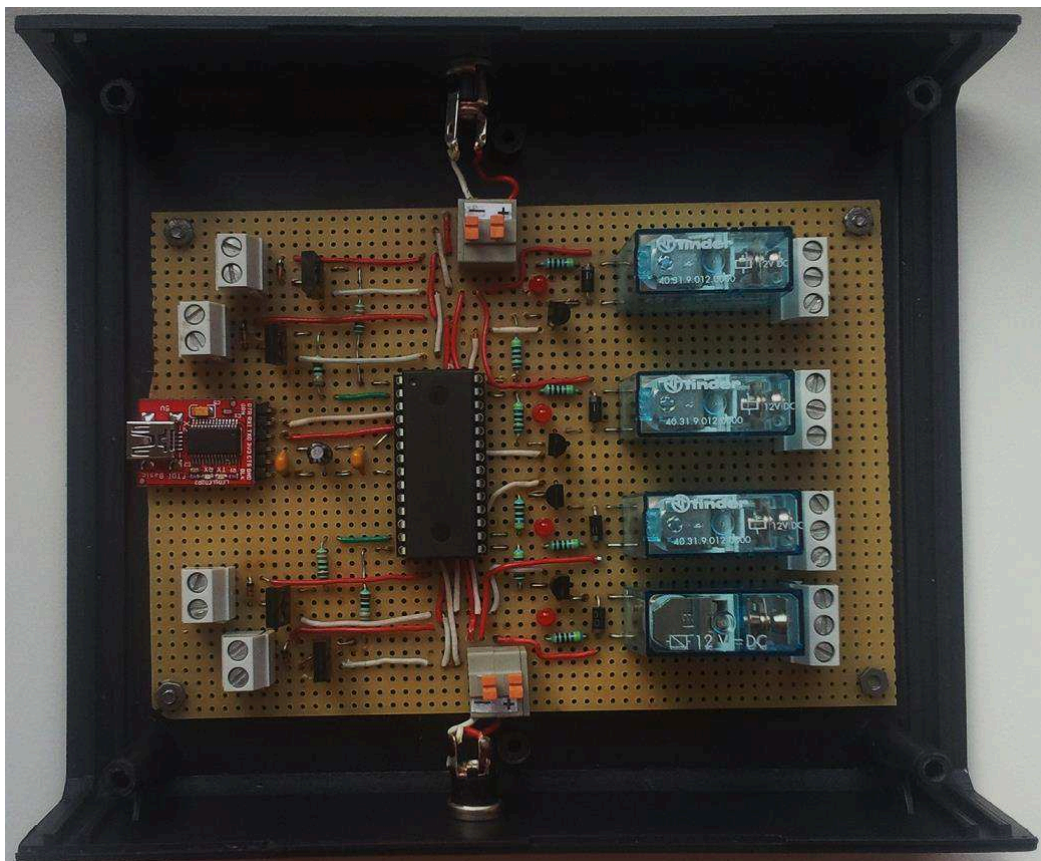
Obrázek 3.11: Popis ovládání jednotky na krabici

Náklady na vyrobení jednotky spínacích relé k počítači jsou poměrně velké. Všechny součástky potřebné pro vyrobení zařízení jsou uvedeny v (Tabulce 3.5).

Tabulka 3.5: *Přehled součástek a nákladů na výrobu jednotky spínacích relé k počítači*

číslo	Název	Ks	Cena
1	Mikrokontrolér	1	230,00 Kč
2	Převodník	1	199,00 Kč
3	Elektromagnetické relé	4	316,00 Kč
4	Svorky	10	66,00 Kč
5	Usměrňovací diody	8	10,00 Kč
6	Tranzistory	8	34,00 Kč
7	Rezistory	12	12,00 Kč
8	Kontrolní diody	4	6,00 Kč
9	Univerzální deska plošného spoje	1	72,00 Kč
10	Krabička	1	90,00 Kč
11	Redukce	2	25,00 Kč
12	Kondenzátory	3	5,00 Kč
13	Spojovací drátky		30,00 Kč
	Celkem		1 095,00 Kč

Výsledná realizace desky plošného spoje jednotky spínacích relé ovládané z počítače je na (Obrázku 3.12).



Obrázek 3.12: *Deska plošného spoje jednotky spínacích relé*

4 Aplikace pro ovládání jednotky

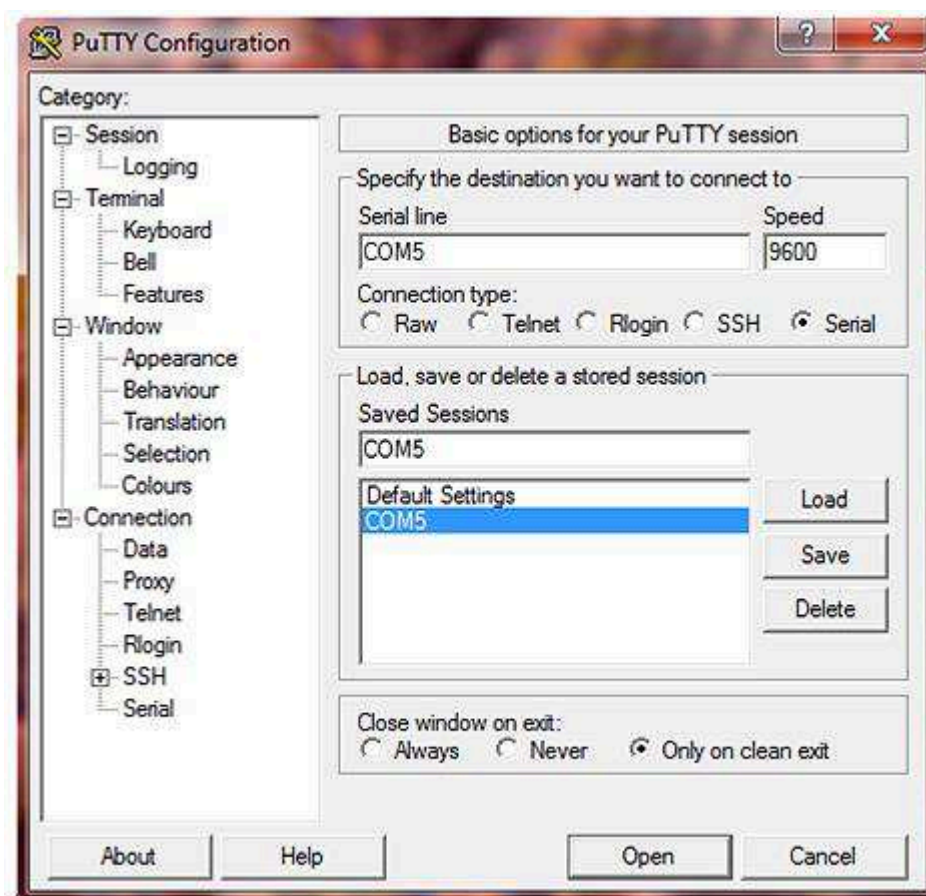
V této kapitole je popsáno ovládání jednotky spínacích relé. Jsou zde uvedeny všechny příkazy pro spuštění tranzistorových spínačů relé.

4.1 Program pro ovládání

Jednotka spínacích relé komunikuje s počítačem přes sériovou komunikaci. Pro ovládání jednotky je potřeba program, který umožňuje posílání dat přes sériové porty v počítači. Takových programů je několik například pro operační systémy Windows PuTTY, COM Port Data Emulator nebo pro operační systémy Linux utilita setserial. Jednotka byla odzkoušena pomocí programu PuTTY.

4.1.1 Software PuTTY

O ovládání všech elektromagnetických relé a výstupních svorek na připojení koaxiálních relé se doporučuje používat program PuTTY. PuTTY je multiplatformní, takže lze spustit na všech operačních systémech. Aktuálně je ke stažení verze 0.64. PuTTY je svobodný software, šířený pod licencí MIT.



Obrázek 4.1: Uživatelské rozhraní programu PuTTY

Po spuštění programu PuTTY je potřeba na hlavní stránce vybrat typ připojení Serial. Následně podle připojeného sériového portu převodníku MAX232 do kolonky Serial line, napíšeme připojený port. Mikrokontrolér je nastavený na přenosovou rychlost 9 600 Baudu za sekundu. Program disponuje i možností uložení nastavení sériového portu, které nám usnadní opakované používání. Na (Obrázku 4.1) je zobrazeno uživatelské rozhraní programu PuTTY a nastavení všech parametrů. Následně přes tlačítko Open se spustí terminál, přes který se komunikuje s mikrokontrolérem.

4.2 Ovládání jednotky

Do terminálu programu PuTTY se zadávají příkazy k sepnutí nebo rozepnutí tranzistorové spínače relé. Mikrokontrolér přijímá pouze znaky potřebné pro ovládání obvodu. Všechny výstupní svorky na desce plošného spoje jednotky jsou popsány R1 - R8. Pro zapnutí potřebného tranzistorového spínače se používá příkaz například r1z. Vypnutí tranzistorového spínače je pomocí příkazu r1v. Všechny příkazy pro zapnutí nebo vypnutí všech tranzistorových spínačů relé jsou v (Tabulce 4.1).

Tabulka 4.1: *Příkazy pro ovládání tranzistorových spínačů relé*

Svorky	zapnutí	vypnutí
R1	r1z	r1v
R2	r2z	r2v
R3	r3z	r3v
R4	r4z	r4v
R5	r5z	r5v
R6	r6z	r6v
R7	r7z	r7v
R8	r8z	r8v

Mikrokontrolér je napájený z USB převodníku, takže při odpojení USB kabelu dojde k vypnutí všech obvodů.

5 Závěr

Tato bakalářská práce popisuje v teoretické části možnosti připojení externích zařízení k počítači. Možnosti připojení externích zařízení jsou rozdělena na rádiová, optická a kabelová. V této části je popsána sériová komunikace, pomocí které je ovládán mikrokontrolér řídící tranzistorové spínače jednotky spínacích relé. Mikrokontrolér pro komunikaci s počítačem používá převodník USB - UART od firmy Arduino model MAX232.

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vyrobit jednotku spínacích relé, která bude obsahovat čtyři elektromagnetické relé a čtyři výstupní svorky na připojení koaxiálních relé. Jednotka byla vyrobena k automatizovanému přepínání antén měřícího zařízení na střeše budovy N v areálu Vysoké školy báňské - Technické univerzity v Ostravě. Prototyp jednotky spínacích relé k počítači se podařilo vyrobit a odzkoušet sepnutím všech relé a naměřením ovládacího napětí na výstupních svorkách.

Elektromagnetické relé Finder F4031-12 použité na jednotce, bylo vybráno z důvodu potřebných parametrů k spínání. Zvládne spínat zátěž s maximálním proudem až 10 A a maximálním napětím až 250 V. Vyvedené svorky R1 - R4 na jednotce z tranzistorových spínačů slouží pro připojení koaxiálních relé.

Ovládací napětí všech relé na jednotce je rozděleno na dva vstupy a to z důvodu připojení koaxiálních relé, které mají vyšší ovládací napětí než 12 V. Ovládací napětí cívky elektromagnetického relé je 12 V stejnosměrného napětí. Pro připojení adaptéru s ovládacím napětím je na jednotce vyvedena redukce, která je označena 12 V DC. Výstupní svorky pro připojení koaxiálních relé mají redukci označenou napětí R1 - R4 max. 40 V. Maximální přivedené napětí může být 40 V a to z důvodu, aby nedošlo k poškození výkonového tranzistoru.

Jednotka spínacích relé k počítači by mohla být rozšířena. Například o program, který by obsahoval tlačítka na spínání všech obvodů. K použitému mikrokontroléru v zapojení jednotky by se dalo připojit až 12 dalších tranzistorových spínačů. Mikrokontrolér je napájen z převodníku Arduino MAX232, takže po odpojení USB kabelu dojde k vypnutí všech tranzistorových spínačů. Přidáním zdroje 5 V k napájení mikrokontroléru by jednotka fungovala i po odpojení USB kabelu od počítače.

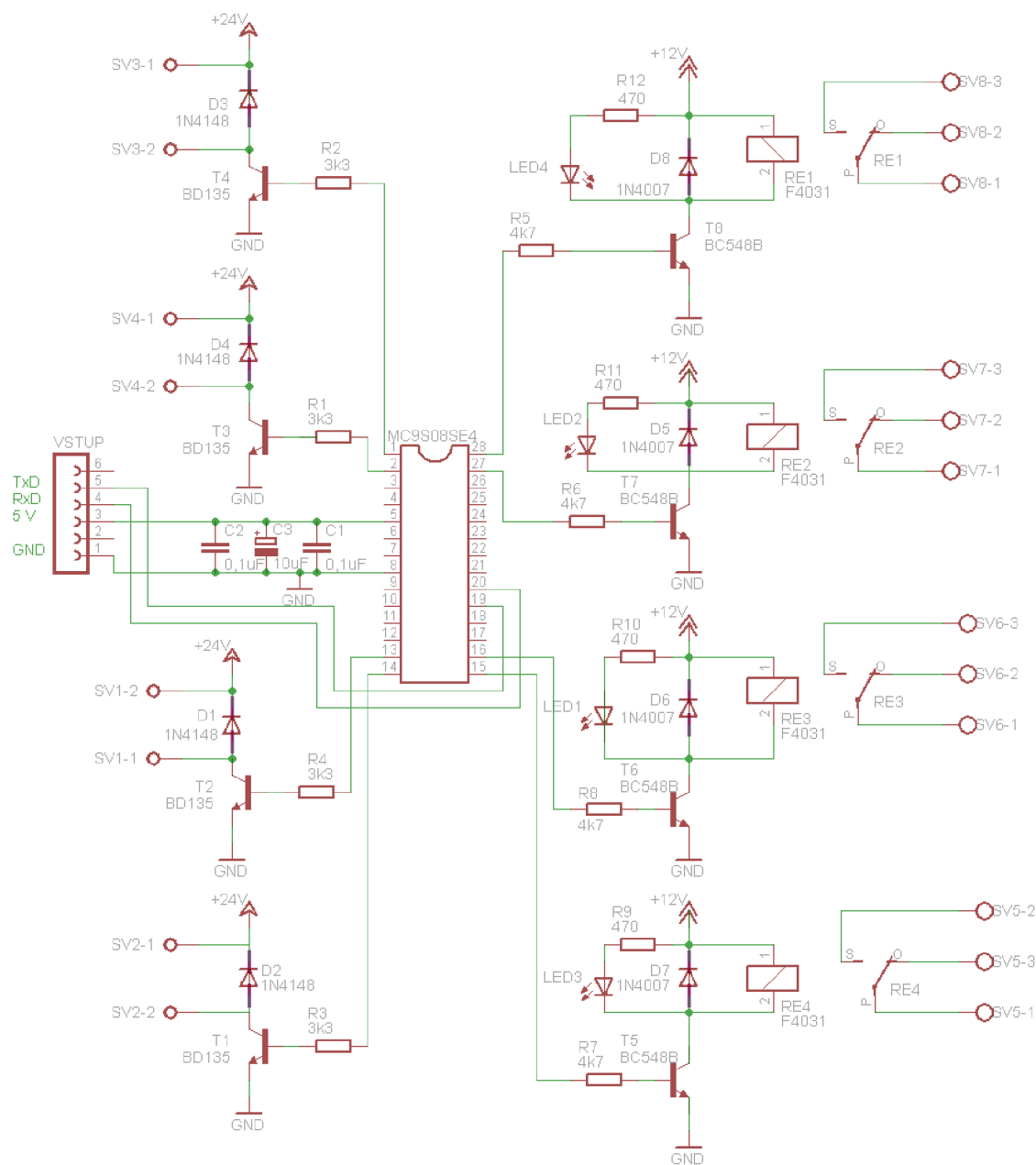
Použitá literatura

- [1] KAMENÍČEK, Jan. Externí zařízení počítače [online]. 2012. [cit. 2011-01-28]. Dostupné z: <http://www.spssol.cz/~vyuka/ucitele/KA/PPC/HW%20+%20WORD/>
- [2] RICHTER, Tomáš. Bluetooth. Mobilní komunikace [online]. 2002 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/bluetooth.htm>
- [3] ŘEHÁK, Jan. Co je to WiFi - úvod do technologie | HW.cz. HW.cz | Vše o elektronice a programování [online]. 2003 [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/produkty/ethernet/co-je-to-wifi-uvod-do-technologie.html>
- [4] Jak pracuje infraport - MobilManie.cz. In: MobilMania.cz – O mobilech víme vše [online]. 2004 [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.mobilmania.cz/clanky/jak-pracuje-infraport/sc-3-a-1107639/default.aspx>
- [5] Sériový port RS-232C - Root.cz. TIŠNOVSKÝ, Pavel. [online]. 2008 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/seriovy-port-rs-232c/>
- [6] ODVÁRKA, Petr. Ethernet. In: Svět sítí - informace ze světa počítačových sítí [online]. 2000 [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=Ethernet-1992000>
- [7] Ethernet RJ45 connector. [online]. 2007 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ethernet_RJ45_connector_p1160054.jpg
- [8] MALÝ, Martin. USB 2.0 - díl 1 | HW.cz. [online]. 2005 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/rs-485-rs-422/usb-20-dil-1.html>
- [9] Pouzdro s klávesnicí pro tablet 7 inch. In: [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.elektrona.cz/pouzdro-s-klavesnici-pro-tablet-7-inch.html>
- [10] PETERKA, Jiří. Optické kabely. [online]. 2011 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a92/a208c110.php3>
- [11] MATOUŠEK, D. USB prakticky s obvodů FTDI -1.díl. Praha: BEN, 2003. 270 s. ISBN 80-7300-103-9.
- [12] Seznámení s jednočipy - SOOM.cz. [online]. 2006 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: <http://www.soom.cz/clanky/352--Seznameni-s-jednocipy>
- [13] FREESCALE SEMICONDUCTOR. MC9S08SE4 Reference Manual [online]. Revision 3.4. 2009 [cit. 2015-03-029]. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08SE8.pdf
- [14] Red 3mm LED. Red 3mm Round LED [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <https://www.futurlec.com/LED/LED3R.shtml>
- [15] NOVOTNÝ, Vladimír. Elektrické přístroje. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 203 s. ISBN 80-01-02306-0.

- [16] Elektromagnetické relé. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Schema_rele2.PNG
- [17] SMA RF Relay Electro Mechanical SP6T Switch. [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.pasternack.com/sma-electromechanical-sp6t-switch-18ghz-35watts-22-30volts-f-n-pe7159-p.aspx>

Seznam příloh

Příloha A:	Celkové schéma jednotky.....	I
Příloha B:	Zdrojový kód mikrokontroléru.....	II
Příloha C:	Adresářová struktura přiloženého CD	VI
Příloha D:	Fotografie realizované jednotky	VII



Obrázek A. 1: Celkové schéma zapojení jednotky spínacích relé

Příloha B: *Zdrojový kód mikrokontroléru*

 Zdrojový kód MC9S08SE4CRL v souboru main.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include <hidef.h> /* for EnableInterrupts macro */
#include "derivative.h" /* include peripheral declarations */

#define ON 1
#define OFF 0
#define R1 PTCDD_PTCDD5
#define R2 PTCDD_PTCDD4
#define R3 PTCDD_PTCDD3
#define R4 PTCDD_PTCDD2
#define R5 PTCDD_PTCDD6
#define R6 PTCDD_PTCDD7
#define R7 PTCDD_PTCDD0
#define R8 PTCDD_PTCDD1

int i;
int empty;
unsigned char num[2];
byte rstr[50];
unsigned int number;

void init_SCI()
{
    SCIC2 = 0x00;                // deaktivuj SCI1 modul
    empty = SCIS1;                // prazdne cteni registru
    SCI1S1 k vycisteni
    empty = SCID;                // prazdne cteni registru
    SCI1D k vycisteni
```

```
    SCIS2 = 0xC0;
    SCIC1 = 0x00;
    SCIC2 = 0x2C;
    SCIC3 = 0x00;                // zapneme vysilac i prijimac

    SCIBDH = 0x00;              // pro baud rate
    SCIBDL = 0x1F;              // 9600 bd.
}

void clear_terminal(int i)
{
    // enter
    while (SCIS1_TDRE == 0);
    SCID = 0x0D;
    // spaces
    for (; i > 0; --i)
    {
        while (SCIS1_TDRE == 0);
        SCID = 0x20;
    }
    // enter
    while (SCIS1_TDRE == 0);
    SCID = 0x0D;
}

//spínání relé
void do_relays(char *rstr, int i)
{
    if (i == 3)
    {
        if (rstr[0] == 0x72)
        {
            if (rstr[1] > 0x30 && rstr[1] < 0x39)
            {
```



```
        if (rstr[2] == 0x7A)
        {
            if (rstr[1] == 0x31) R1 = ON;
            else if (rstr[1] == 0x32) R2 = ON;
            else if (rstr[1] == 0x33) R3 = ON;
            else if (rstr[1] == 0x34) R4 = ON;
            else if (rstr[1] == 0x35) R5 = ON;
            else if (rstr[1] == 0x36) R6 = ON;
            else if (rstr[1] == 0x37) R7 = ON;
            else if (rstr[1] == 0x38) R8 = ON;
        }
    else if (rstr[2] == 0x76)
    {
        if (rstr[1] == 0x31) R1 = OFF;
        else if (rstr[1] == 0x32) R2 = OFF;
        else if (rstr[1] == 0x33) R3 = OFF;
        else if (rstr[1] == 0x34) R4 = OFF;
        else if (rstr[1] == 0x35) R5 = OFF;
        else if (rstr[1] == 0x36) R6 = OFF;
        else if (rstr[1] == 0x37) R7 = OFF;
        else if (rstr[1] == 0x38) R8 = OFF;
    }
}

}

}

}

//SCI
interrupt VectorNumber_Vscirx void intSW1()
{
    empty = SCIS1;
    //stisk klávesy enter
    if (SCID == 0x0D)
```

```
{
    clear_terminal(i);
    do_relays(rstr, i);
    i = 0;
} //mazani backspace
else if (SCID == 0x7F)
{
    if (i > 0) i--;
    while (SCIS1_TDRE == 0);
    SCID = SCID;
} //povolení pouze r,z,v,1-8
else if (SCID == 0x7A || SCID == 0x76 || SCID == 0x72 ||
(SCID > 0x30 && SCID < 0x39))
{
    rstr[i] = SCID;
    while (SCIS1_TDRE == 0);
    SCID = rstr[i];
    i++;
}
}

void main(void) {
    EnableInterrupts;
    SOPT1_COPT = 0;
    init_SCI();
    PTCF = 0xff;
    i = 0;
    num[1] = '\0';
    for(;;) {

        } /* loop forever */
    /* please make sure that you never leave main */
}
```

Příloha C: *Adresářová struktura přiloženého CD*

- Bakalářská práce
 - bakalarska_prace_zla0021.pdf
 - bakalarska_prace_zla0021.doc
- Dokumentace - obsahuje dokumentace použitých součástek
 - 1N4007 Usměrňovací dioda
 - 1N4148 Usměrňovací dioda
 - BC548B Univerzální tranzistor
 - BD135-16 Výkonový tranzistor
 - F4031-12 Elektromagnetické relé
 - FT232RL Převodník Arduino
 - MC9S08SE4CRL Mikrokontrolér
- Kód MC9S08SE4 - obsahuje celý projekt pro spuštění v CodeWarrior v10.6
 - .setting
 - FLASH
 - Lib
 - Projekt_Headers
 - Projekt_Settings
 - Sources
 - .cproject
 - .cwGeneratedFileSetLog
 - .projekt
 - cvic2_FLASH_PnE U-MultiLink
 - ReferencedRSESystems
 - SaAnalysispointsManager
- Obrázky - obsahuje všechny použité fotografie

Příloha D: *Fotografie realizované jednotky*



Obrázek D.1: *Prototyp jednotky spínacích relé*



Obrázek D.2: *Prototyp jednotky spínacích relé*